

TEKNILLINEN KORKEAKOULU

Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto

Puunjalostustekniikan laitos

Paperitekniikan laboratorio

Juha Luhtalampi

PAPERIKONEEN MÄRKÄÖSAN FYSIKOKEMIALLISTEN TOIMINNAN
VAIKUTUS HIOKEPITOISEN POHJAPAPERIN AJETTAVUUTEEN

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkas-
tettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten
Espoossa 28.8.1990.

Työn valvoja: Professori Hannu Paulapuro

Työn ohjaaja: Diplomi-insinööri Mikko Jokio

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Rauma-Repola Oy:n Rauman paperiteollisuuden toimeksiannosta Rauman paperitehtaal-la.

Kiitän työni valvojaa, professori Hannu Paulapuroa sekä ohjaajaa, osastoinsinööri Mikko Jokiota työn aikana saamistani ohjeista ja tuesta. Kiitän myös Rauman paperitehtaan tutkimus- ja kehitysosaston henkilökuntaa sekä paperikone 1:n käyttöhenkilöstöä auttavaisesta ja kiinnostuneesta suhtautumisesta työtäni kohtaan. Eri-tyiskiitokset annan T&K-osaston tutkimuslaboranteille, jotka jaksoivat kärsivällisesti suorittaa työn kokeellisen osan varsin laajat mittaukset ja analyysit.

Lopuksi haluan kiittää morsiantani Katria arvokkaasta henkisestä tuesta työn aikana.

Raumalla 25.5.1990



Juha Luhtalampi

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Työn suoritus	2
2.	PAPERIKONEEN MÄRKÄOSA	3
2.1	Märkäosan määritelmä	3
2.2	Märkäosan tehtävät	3
3.	PAPERIKONEEN MÄRKÄOSAN KEMIASTA	5
3.1	Märkäosan kemiallinen ympäristö	5
3.1.1	Massasulpun liuenneet ja kolloidiset aineet	5
3.1.2	Massasulpun kemiallinen tila	5
3.2	Kolloidisten hiukkasten välinen vuorovaikutus DLVO-teorian mukaan	6
3.2.1	Attraktiovuorovaikutus	7
3.2.2	Sähköinen repulsiovuorovaikutus	7
3.2.3	Steerinen repulsio	10
3.2.4	DLVO-teoria kolloidien stabiilisuu- delle	10
4.	RETENTIO	
4.1	Retention merkitys	11
4.1.1	Yleistä	11
4.1.2	Tehdasesimerkki	12
4.2	Retentiomekanismit	12
4.2.1	Mekaaninen retentio	14
4.2.2	Kemikaalien avulla aikaansaatu retentio	15
4.2.3	Varauksen neutralointi	15
4.2.4	Mosaiikinmuodostus	17
4.2.5	Sillanmuodostus	18
4.3	Retentioainetyypeistä	19
4.3.1	Epäorgaaniset apuaineet	19
4.3.2	Epäorgaaniset mineraalit	20
4.3.3	Luonnon polymeerit	20
4.3.4	Synteettiset polymeerit	22
4.3.5	Retentioaineyhdistelmät	23

5.	MASSASULPUN LIUENNEET JA KOLLOIDISET HÄIRIÖAINEET, HÄIRITSEVÄ VAIKUTUS, HÄIRIÖAINELÄHTEET	25
5.1	Yleistä	25
5.1.1	Epäorgaaniset aineet	27
5.1.2	Orgaaniset aineet	27
5.2	LK-aineiden retentiota häiritsevistä vaikutuksista	27
5.3	Kemiallinen massa	28
5.4	Mekaaniset massat	28
5.4.1	Liuenneet häiriöaineet	29
5.4.2	Mekaanisten massojen valkaisu	30
5.5	Täyteaineet	31
5.6	Hylky	32
5.6.1	Yleistä	32
5.6.2	Päällystämätön hylky	32
5.6.3	Päällystetty hylky	33
6.	MASSASULPUN JA PAPERIKONEEN KIERTOVEDEN FYSIKOKEMI- ALLISTA TILAA KUVAAVISTA SUUREISTA	36
6.1	Anionisuus	36
6.2	Kemiallinen hapenkulutus (COD)	36
6.3	Johtokyky	36
6.4	Sameus	37
6.5	Hehkutusjäännös	37
7.	MÄRKÄOSAN FYSIKOKEMIALLISEN TILAN MITTAUS- MENETELMISTÄ	37
7.1	On-line-menetelmät	37
7.2	Manuaaliset mittausmenetelmät	39
8.	PÄÄLLYSTETYN HYLYN VAIKUTUS PAPERITEKNISIIN OMINAISUUKSIIN	41
9.	KIRJALLISUUSOSAN YHTEENVETO	41

KOKEELLINEN OSA

10.	KOKEELLISEN OSAN TAVOITTEET JA SUORITUS	44
11.	PROSESSIKUVAUS	45
11.1	Paperikone	45
11.2	Hiomo	46
11.3	Kiertovesijärjestelmä	46
11.4	Hylkysysteemi	47
12.	NÄYTTEIDEN OTTO JA KÄSITTELY	50
12.1	Näytteenottopaikat	50
12.2	Näytteiden käsittely	51
13.	SEURANTAJAKSO	52
13.1	Tavoite	52
13.2	Seurantajakson yleiskuvaus	52
13.3	Tulokset johtopäätöksineen	53
13.3.1	Tutkittujen näytteiden kemiallinen tila seurantajakson aikana - aika- sarjat	53
13.3.2	Anionisuuden jakautuminen eri faasei- hin tutkituissa näytteissä	57
13.3.3	Retentiovaihtelut seurantajakson aika- na sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien korrelaatio kokonaisretention kanssa	60
14.	KOEJAKSO 1	62
14.1	Tavoite	62
14.2	Koejakson yleiskuvaus	62
14.3	Hylkykoesarjan tulokset johtopäätöksineen	63
14.3.1	Hylyn määrän vaikutus paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan, pääl- lystetyn ja päällystämättömän hylyn ke- miallisten ominaisuuksien vertailu	63
14.3.2	Retentiovaihtelut hylkykoesarjan aika- na sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retentioaineannostuksen korre- laatio kokonaisretention kanssa	67

14.3.3	Hylyn määrän vaikutus paperin reikien määrään, katkopaikat ja -ajat hylkykoesarjan aikana	69
14.3.4	Hylyn määrän vaikutus pohjapaperin paperitekniisiin ominaisuuksiin	72
14.4	Massatärbekelyskoesarjan tulokset johtopäätöksineen	75
14.4.1	Massatärbekelyksen määrän vaikutus paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan, retentiovaihtelut koesarjan aikana	75
14.4.2	Massatärbekelyksen määrän vaikutus paperin reikien määrään	79
14.4.3	Massatärbekelyksen määrän vaikutus pohjapaperin paperitekniisiin ominaisuuksiin	80
15.	KOEJAKSO 2	83
15.1	Tavoite	83
15.2	Koejakson yleiskuvaus	83
15.3	Tulokset johtopäätöksineen	83
15.3.1	Peroksidivalkaistun hiokkeen määrän vaikutus paperikoneen kiertovesien sekä hylyn kemialliseen tilaan	83
15.3.2	Retentiovaihtelut koejakson aikana sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retentioaineannostuksen korrelaatio kokonaisretention kanssa	86
16.	KATKOMALLIT	88
17.	EHDOTUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI	89
18.	KOKEELLISEN OSAN YHTEENVETO	90

LÄHDELUETTELO

LIITTEET

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Rauma-Repola Oy:n Rauman paperitehtaalla on äskettäin uusittu paperikone 1. Koneella valmistetaan uusinnan jälkeen päällystämätöntä SC-paperia, pintakäsiteltyä STP-offsetpaperia ja LWC-paperia tavallisen hiokkeen ollessa pääraaka-aineena. Koneen viiran leveys on 9,05 m ja käytön maksiminopeus 1200 m/min. On-machine-päällystys tapahtuu SDTA-tekniikalla.

Päällystettyä paperia valmistettaessa päällystysaseman katkot ovat olleet ongelmana. Tämän työn alustuksena tehty kartoitus paperikoneen katkotekijöistä osoitti, että pohjapaperin reiät ovat olleet selvin ja ehkäpä myös merkittävin syy katkoihin. Reiät ovat puolestaan johtuneet muun muassa massaepäpuhtauksista (lähinnä hyllyn mukana tulleet vieraat partikkelit, hajoamaton hylky) ja paperikoneen rakenteista ja konekudoksista irronneista likakertymistä. Kuitenkin koneella on esiintynyt paljon katkoja, joihin ei ole löydetty selvää syytä. Näitä katkoja ovat voineet aiheuttaa paperikoneen lyhyeen kiertoon kerääntyneet saostumat, joiden muodostumiseen on voinut vaikuttaa monikin tekijä. Lisäksi paperikone 1:n retentio on ollut hyvin vaihteleva näiden huonojen ajojaksojen aikana. Osasyynä retentiotason muutoksiin ovat voineet olla erilaiset liuenneet ja kolloidiset häiriöaineet, jotka huonoimmassa tapauksessa voivat viedä koneelta retention lähes täysin. Hyllyn osuutta häiriöainelähteenä päällystettyä paperia valmistettaessa pidetään yleisesti erittäin merkittävänä.

Työn tavoitteena oli saada kirjallisuuden ja paperikonekoeajojen avulla selvä käsitys hyllyn määrän ja laadun, massatärkkelyksen määrän sekä peroksidivalkaistun massan määrän vaikutuksista paperikoneen ajettavuuteen. Kriteereinä käytettiin koneen märkäosan fysikokemiallista tilaa, paperin reikien määrää sekä pohjapaperin paperiteknisiä ominaisuuksia.

1.2 Työn suoritus

Työn kirjallisuusosassa selvitettiin paperikoneen märkäosan toimintaan vaikuttavia tekijöitä. Lähinnä tarkasteltiin retention merkitystä ja paperinvalmistuksessa käytettävien massakomponenttien ja lisäaineiden osuutta häiriöainelähteenä sekä vaikutusta retention. Lisäksi perehdyttiin märkäosan tilaa kuvaavien ominaisuuksien mittausmenetelmiin sekä hyllyn vaikutuksiin paperin ominaisuuksissa.

Työn kokeellisessa osassa tutkittiin hyllyn määrän ja laadun sekä paperikone 1:llä käytössä olevan massatärkkelyksen määrän vaikutusta märkäosan kemialliseen tilaan, paperin reikien määrään sekä paperin rakentamiseen ja tätä kautta koneen ajettavuuteen päällystettyä paperia valmistettaessa. Lisäksi tutkittiin peroksidivalkaistun hiokkeen määrän vaikutusta märkäosan kemialliseen tilaan.

Kokeellisessa osassa suoritettiin yksi seurantajakso, jonka aikana mitattiin laajasti kaikkien massakomponenttien sekä paperikoneen lyhyen kierron kemiallista tilaa. Näin saatiin yleistä tietoa eri massakomponenttien kemiallisen tilan tasosta ja vaihteluista. Tämän jälkeen suoritettiin kaksi hallittua koejaksoa, joista ensimmäisessä muutettiin hyllyn ja massatärkkelyksen ja toisessa peroksidivalkaistun hiokkeen annostusta. Koejaksoissa massakomponenttien ja lyhyen kierron mitaukset rajoitettiin hylkyyn, perälaatikkosulppuun ja viiraveteen. Ensimmäisessä koejaksossa ajettavuuden kriteereinä olivat paperiradan vianetsijälaitteiston ilmaiset paperin reiät, koneella esiintyneet katkot sekä pohjapaperin lujuudet ja formaatio.

2. PAPERIKONEEN MÄRKÄOSA

2.1 Märkäosan määritelmä

Paperikoneen märkäosalla tarkoitetaan sitä paperinvalmistusprosessin osaa, missä paperin rakenteelliset peruselementit, kuidut, ovat vapaan veden kanssa tekemisissä. Tämä osa paperinvalmistusprosessia käsittää laajasti otettuna seuraavat prosessivaiheet /1/:

- kuitujen liettäminen veteen (kuitujen pumppaaminen massatehtaalta),
- kuitujen annostelu ja jauhatus,
- + kuitulietteen laimennus ja levitys paperintekoa varten,
- + suotautumistapahtuma,
- + kiertovesijärjestelmä,
- märkäosan suihkujen toiminta,
- hyllyn palautusjärjestelmä ja
- lisäaineiden annostelujärjestelmä.

Näistä prosessivaiheista +-merkkiset kolme prosessivaihetta muodostavat paperikoneen märkäosan sanan ahtaimmassa merkityksessä.

Paperikoneen märkäosa eroaa paperinvalmistuksen seuraavista prosessivaiheista, puristin- ja kuivatusosasta juuri siinä, että näissä vaiheissa kuidut eivät enää ole tekemisissä varsinaisen vapaan veden kanssa, vaan määrässä paperirakenteessa oleva vesi on luonteeltaan enemmän kolloidista. Vapaa vesi ja siinä enemmän tai vähemmän vapaana "liikkuvat" paperin rakenne-elementit muodostavat siis märkäosan keskeisimmän osan.

2.2 Märkäosan tehtävät

Paperikoneen märkäosan tehtävät voidaan määritellä seuraaviksi /1/:

1. Rainanmuodostustehtävä
2. Lisäaineiden rainaanliittämistehtävä

Paperikoneen märkäosan voidaan katsoa toimivan hyvin, kun se toteuttaa ainakin seuraavat hyvyyden kriteerit /1/:

1. Suotautumistapahtuma ja sen seurauksena syntyvä paperirakenne ovat stabiileja ajan suhteen.
2. Muutostilanteessa (esimerkiksi lajinvaihto) tai häiriötilanteissa (katko) märkäosa käyttäytyy hallitusti; se on siis nopeasti ja yksinkertaisesti saatettavissa takaisin stabiiliin toimintaan.
3. Tuotetun paperin rakenne on laadullisesti hyvä ja tasainen (formaatio ja z-suunta).
4. Märkäosan materiaalitalous on hyvä: vettä ja lisäaineita käytetään tehokkaasti (märkäosan eri retentiot ovat hyvät). Tästä seuraa yleensä myös, että märkäosan energiatalous on hyvä.
5. Märkäosa pysyy puhtaana.
6. Märkäosan investointi- ja käyttökustannukset ovat pienet.

Hyvyyuskriteerejä tarkasteltaessa voidaan välittömästi todeta, että osa niistä on nykyisellä paperinvalmistustekniikalla toisillensa vastakkaisia, eli kyseessä olevia kriteerejä on vaikea toteuttaa samanaikaisesti. Esimerkiksi stabiilisuus ja hallittavuus muodostavat helposti tällaisen parin. Mietittäessä yleispätevää, aina oikeassa olevaa märkäosan hyvyyuskriteeriluetteloa joudutaan useimmiten tekemään kompromisseja edellä esitettyjen kriteerien välillä tapauskohtaisesti paperilajista ja olosuhteista riippuen /1/.

Päällystettyä paperia valmistettaessa pohjapaperin tulee olla rakenteeltaan tasainen eikä siinä saa olla reikiä tai muita vikoja. Näiden vaatimusten saavuttamista voidaan edesauttaa hyvin suunnitellulla ja ylläpidetyllä märkäosan kemiallisen tilan seurantaohjelmalla. Se alkaa hyvän retentio-ohjelman laatimisella. Muiden tekijöiden, kuten saostumien ja vaahdonmuodotumisen seurannan, tulisi sopia yhteen kokonaisuuran kanssa. Hyvin suunniteltu märkäosan täydellinen-

kemiallisen tilan seurantaohjelma voi auttaa paperitehdasta tuottamaan hyvälaatuista pohjapaperia hyvällä paperikoneen ajettavuudella ilman suuria ongelmia /2/.

3. PAPERIKONEEN MÄRKÄOSAN KEMIASTA

3.1 Märkäosan kemiallinen ympäristö

3.1.1 Massasulpun liuenneet ja kolloidiset aineet /3/

Paperikoneen kiertovesi sisältää monia liuenneita tai kolloiditilassa olevia sekä epäorgaanisia että orgaanisia aineita, joista käytetään yhteisnimitystä LK-aineet. Osa näistä, kuten erilaiset suolat ja humiinihapot, tulevat jo tuoreveden mukana, mutta pääosa siirtyy kiertoveteen raaka-aineista tai lisäaineista joko liukenemalla tai huonon retention vuoksi. Mitä suljettumpi kiertovesijärjestelmä on sitä enemmän näitä aineita rikastuu kiertoveteen ja sitä suurempi on niiden tasapainokonsentraatio järjestelmässä. Useat näistä aineista saattavat rikastuessaan aiheuttaa erilaisia ajettavuushäiriöitä, kuten saostumia, jauhautuvuuden, vedenpoiston, retention ja paperin lujuuden huononemista tai sulppuliimauksen vaikeutumista. On tunnettua, että varsinkin kolloidiset häiriöaineet ovat anionisten polyelektrolyyttien luonteisia (niin sanottu anionic trash). Ne voidaan flokata voimakkaasti kationisilla apuaineilla, kuten alunalla, polyeteeni-iminillä tai polyakryyliamidilla, sellaiseen muotoon, että ne joko retentoituvat paperirainaan tai voidaan erottaa vedestä sedimentoimalla tai mekaanisin keinoin.

3.1.2 Massasulpun kemiallinen tila

Elektrolyyttiliuoksessa useimpien materiaalien pinta varautuu sähköisesti /4/. Olosuhteista ja aineesta riippuen varautuminen voi tapahtua seuraavilla tavoilla:

1. Metalleilla varaus syntyy elektronien siirtymisen seurauksena.
2. Hiukkasiin kiinnittyneet protolyyttiryhmät dissoituvat.
3. Aineen sisältämät dipolit orientoituvat elektrolyytin aiheuttaman sähkökentän suuntaisesti.

Massasulpuissa elektrolyyttiliuoksena toimii vesi. Hiukkasten varautuminen tapahtuu lähinnä mekanismin 2 mukaisesti. Kuidut sisältävät hydroksyyliiryhmiä sekä massanvalmistus- ja valkaisu-prosessien seurauksena karboksyyliiryhmiä. Pigmentit sisältävät samoin hydroksyyliiryhmiä. Lisäksi massahiukkasiin voi kiinnittyä protolyytteinä toimivia polymeereja (polyelektrolyytteja) /4,5/.

Systeemin ollessa hapan, eli liuoksen sisältäessä paljon vetyioneja hiukkasten pinnat ovat positiivisesti varautuneita. Nostettaessa pH:ta vapaiden vetyionien määrä vähenee, jolloin hiukkasten pinnoissa sijaitsevat happamat ryhmät alkavat dissosioitua ja pintavaraukset laskee. Kun hiukkasten pintavaraukset ovat nolla, systeemi on isoelektrisessä pisteessä. Puukuitujen isoelektrinen pH on noin 2,5, ja eri pigmenttityypeillä se vaihtelee välillä noin 3-9. pH:n noustessa isoelektrisen pisteen yläpuolella hiukkasten varaus muuttuu negatiiviseksi /4/.

Puupitoisten papereiden valmistusprosessi on vielä useimmiten happamalla alueella pH:n ollessa alimmillaan noin 4, joten massasysteemit ovat täten useimmiten anionisia.

3.2 Kolloidisten hiukkasten välinen vuorovaikutus DLVO-teorian mukaan

Retentioteoria on johdettu klassisesta DLVO-teoriasta kolloidien stabiilisuudelle. Jotta voitaisiin ymmärtää retentioaineiden toimintamekanismeja, teorian eri komponenttien merkitys paperinvalmistussysteemeissä täytyy ymmärtää.

Kuitujen, täyteaineen ja veden muodostamassa lietteessä, attraktio- ja repulsiovoimien välillä on tasapaino, joka määrittää lietteen partikkeleiden koon ja lietteen stabiilisuuden. Lietteessä olevien partikkelien väliset attraktiovoimat ovat lyhyen vaikutusalueen London-Van der Waalsin voimia, kun taas repulsiovoimat ovat pitkän vaikutusalueen voimia, jotka ovat luonteeltaan sähköisiä tai steerisiä /6/.

3.2.1 Attraktiovuorovaikutus

Kolloidisten partikkelien väliset attraktiovoimat johtuvat pääasiassa van der Waalsin-dispersiovoimista. Kahden samankokoisen, pallomaisen hiukkasen välinen attraktiovoima saadaan kaavasta /7/:

$$V = \frac{A_h(s, T)}{12 s}, \quad \text{missä} \quad (1)$$

$A_h(s, T)$ = Hamakerin vakio

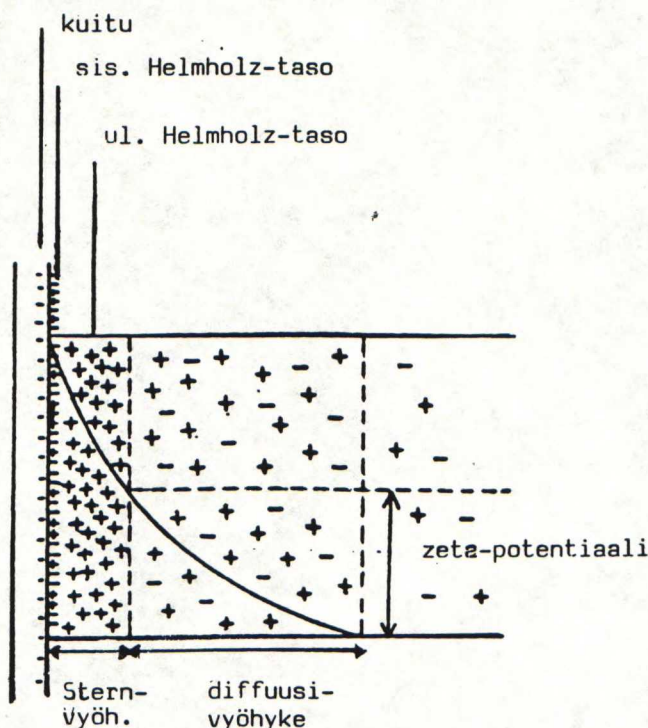
s = partikkelin pintojen välinen etäisyys

T = lämpötila

Hamakerin vakioon vaikuttavat sekä molekyylin elektronijakauma että materiaalin tiheys.

3.2.2 Sähköinen repulsiovuorovaikutus

Varautuneen partikkelin ympärille muodostuu elektrolyyttiliuoksessa niin kutsuttu sähköinen kaksoiskerros (kuva 1). Sisempää kerrosta kutsutaan Sternin vyöhykkeeksi, joka koostuu myös kahdesta osasta. Aivan partikkelin pinnassa on yksimolekylaarinen kerros kemiallisesti adsorpoituneita ioneja, jotka voivat olla sekä kationeja että anioneja, joiden solvaattiverho on purkautunut. Kerroksen keskipisteiden kautta kulkevaa tasoa kutsutaan sisemmäksi Helmholtz-tasoksi /4/.



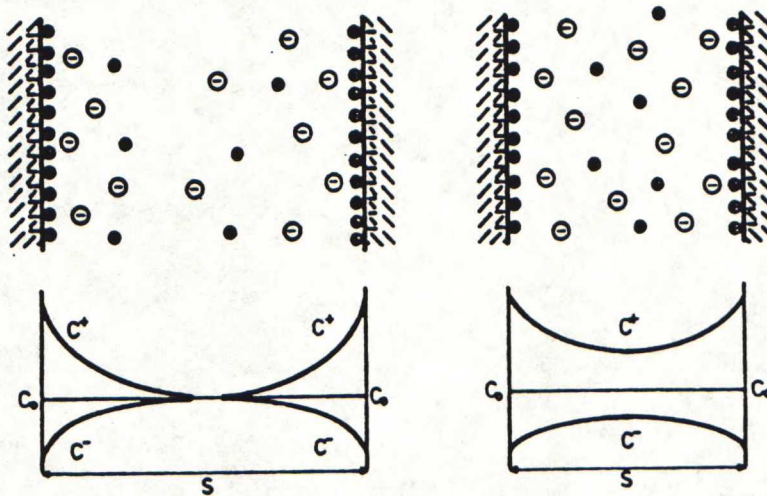
Kuva 1. Sähköinen kaksoiskerros /4/.

Sternin vyöhykkeen ulompi kerros koostuu sähköstaattisin voimin pintaan kiinnittyneistä solvatoituneista ioneista, joiden varaus on vastakkainen pinnan varaukselle (massasulpussa positiivinen). Tämän kerroksen keskuksen kautta kulkevaa tasoa kutsutaan ulommaksi Helmholtz-tasoksi /4/. Ulompi kerros on tiiviisti pakautunut, joten sitä voidaan pitää osana hiukkasta, jolloin hiukkasen pintavarauksen määräytyy Sternin vyöhykkeen ulkopinnasta /4,8/.

Hiukkasen pinnan synnyttämä sähkökenttä vetää puoleensa vastakkaisesti varautuneita ioneja, jotka Sternin vyöhykkeen ulkopuolella pystyvät liikkumaan elektrolyyttiliuoksessa. Ionien konsentraatio pienenee etäisyyden hiukkasesta kasvaessa. Tätä kerrosta, joka koostuu pääasiassa positiivisista vastaioneista, nimitetään diffuusikerrokseksi. Edettäessä partikkelin pinnasta kauemmas nesteeseen positiiviset ja negatiiviset varaukset ovat tasapainossa keskenään /4,8/.

Kahden hiukkasen lähestyessä toisiaan niiden diffuusit kerrokset sekoittuvat toisiinsa, jolloin hiukkasten välille syntyy ionikonsentraatioiden poikkeama. Hiuk-

kasten pintojen välillä kationien konsentraatio on suurempi ja anionien pienempi kuin ympäröivässä nesteessä. Hiukkasten väliseen tilaan muodostuu tällöin osmoottinen paine, joka aiheuttaa partikkelien välille repulsiovoiman (kuva 2) /7/.



Kuva 2. Konsentraatiomuutokset ja osmoottisen paineen muodostuminen diffuusien kerrosten sekoittuessa toisiinsa /7/.

Sähköisen repulsioenergian voimakkuus pienillä etäisyyksillä saadaan kaavasta /4/:

$$V_r = \frac{\epsilon a \sigma}{2} (1 + e^{-2kx}) \quad , \text{ missä } \quad (2)$$

ϵ = liuoksen permittiivisyys

a = hiukkasen säde

σ = ulomman Helmholtz-tason potentiaali

k = diffuusin kerroksen paksuuden käänteisarvo

x = hiukkasten välinen etäisyys

3.2.3 Steerinen repulsio

Adsorboituvat polymeerit voivat muodostaa kolloidisen hiukkasen pintaan niin kutsutun suojakolloidikerroksen. Hiukkasen pinnasta liuokseen ulottuvat polymeeriketjut estävät hiukkasia pääsemästä lähelle toisiaan, jolloin hiukkasten välillä vallitsee steerinen repulsio /4/.

3.2.4 DLVO-teoria kolloidien stabiilisuudelle

Yksinkertaisimmassa teoriassa kolloidien stabiilisuudelle kokonaisvuorovaikutusenergia kolloidisten hiukkasten välille saadaan laskemalla yhteen kolme komponenttia /7/:

$$V_{\text{tot}} = V_{\text{att}} + V_{\text{el}} + V_{\text{st}}, \text{ missä} \quad (3)$$

V_{att} = van der Waals-attraktioenergia

V_{el} = sähköinen repulsioenergia

V_{st} = steerinen repulsioenergia

Vuorovaikutus heikkenee hiukkasten välisen etäisyyden kasvaessa. Attraktioenergia kasvaa lyhyillä etäisyyksillä voimakkaammin kuin sähköinen repulsioenergia /4/. Hiukkasten lähestyessä toisiaan niiden välille muodostuu attraktio- ja repulsiovoimien tasapaino. Nämä voimat määräävät primäärästi kolloidien stabiilisuuden koaguloitumista vastaan /8/.

4. RETENTIO

Laajasti katsoen retentio tarkoittaa paperinvalmistuksessa sitä osaa systeemiin syötettävästä materiaalivirrasta, joka jää lopputuotteeseen. Kokonaisretentioon vaikuttavat muun muassa viiraretentio, prosessin sulkemisaste ja kiintoaineen talteenotto paperinvalmistusprosessin ulkopuolella. Paperinvalmistuksen ja märkäosan toiminnan sekä paperin laadun kannalta tärkein on viiraretentio, jolla tarkoitetaan sitä osaa

perälaatikosta viiralle tulevasta massavirrasta, joka suotautumistapahtuman jälkeen jää viiralle /9/. Retentio kuvaa viiraosan kykyä sitoa rainaan kuituja, täyteainetta sekä hienoaainetta. Retentio on monimutkainen epälineaarinen mekanismi, johon vaikuttavat kolloidikemialliset ja mekaaniset voimat. Monimuuttujaluonteensa vuoksi sen hallinta on erittäin vaikeaa. Retentiotä pyritään muuttamaan haluttuun suuntaan retention parannusaineilla, jotka vaikuttavat massasuspension partikkelien välisiin kolloidikemiallisiin voimiin. Retention parannusaineiden teho kuitenkin vaihtelee eri koneilla ja samallakin koneella ajan mukaan riippuen muun muassa kiertovesien kemiallisesta tasapainotilasta ja kemiallisista häiriöistä sekä mekaanisten voimien muutoksista /10/.

4.1 Retention merkitys

4.1.1 Yleistä

Hyvässä paperikoneen märkäosan kemiallisen tilan seurantaohjelmassa on monia eri osia, mutta retention seuranta on kaikkein tärkein paperin laadun ja paperikoneen ajettavuuden kannalta. Paperikoneen märkäosalla voi tapahtua useita muutoksia, joita ei seurata lainkaan. Näiden märkäosan fysikokemiallisen tilan stabiilisuutta muuttavien häiriötekijöiden ilmestyminen paperikoneelle näkyy kuitenkin yllättävinä retentiovaihteluina kesken normaalin, stabiilin ajon. Massasulpun kolloidiset ainekset eivät enää jää paperirainaan samalla tavalla kuin aikaisemmin, mikä näkyy retention selvänä laskuna. Alhainen retentio ja etenkin retentiotason vaihtelut voivat näkyä paperin laadussa ja vaikeuttaa koneen ajettavuutta. Ajettavuusongelmat johtuvat siitä, että lyhyen kierron konsentraatio kasvaa, jolloin putkistoihin kertyy likaa sekä putkistossa esiintyvät painevaihtelut muuttuvat massan laimennuskohdissa sakeusvaihteluiksi /2,8,11/.

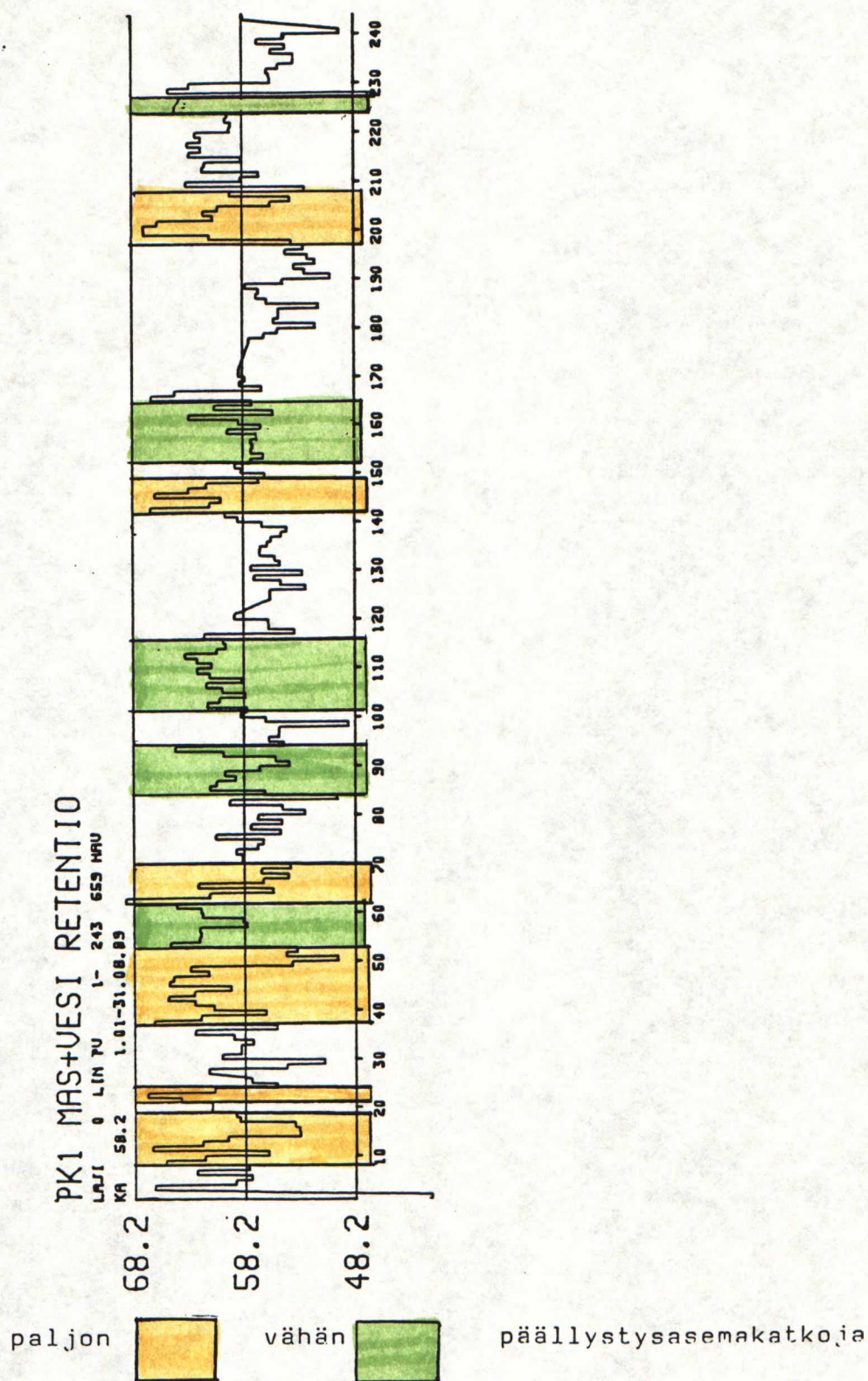
4.1.2 Tehdasesimerkki

Rauma-Repola Oy:n Rauman paperitehtaalla on tehty yleinen kartoitus paperikone 1:n ajettavuuteen vaikuttaneista tekijöistä päällystettyä paperia valmistettaessa /12/. Kartoitus perustui lähinnä historiatietojen tutkimiseen. Märkäosan tilasta oli mitattu retentio sekä viirakaivon ja perälaatikon sakeus. Havaittiin, että LWC-ajojaksoina, jolloin oli esiintynyt normaalia enemmän päällystysasemakatkoja, myös paperikoneen märkäosan toiminta oli ollut selvästi epästabiilimpaa kuin ajojaksoina, jolloin päällystysasemakatkoja oli esiintynyt vähän. Varsinkin retentiassa erot olivat selvät (kuva 3). Esimerkkikoneella oli pitkien katkojen yhteydessä jouduttu useasti nostamaan hylkyannostusta, mikä oli omalta osaltaan muuttanut märkäosan fysikokemiallista tilaa. Työssä ei kuitenkaan saatu selvää kuvaa siitä, oliko märkäosan epästabiili toiminta syynä useisiin päällystysasemakatkoihin, vai oliko se seurausta katkoista. Tällaisissa tapauksissaan joudutaan helposti oravanpyörään, jossa ajettavuusongelmat korostuvat.

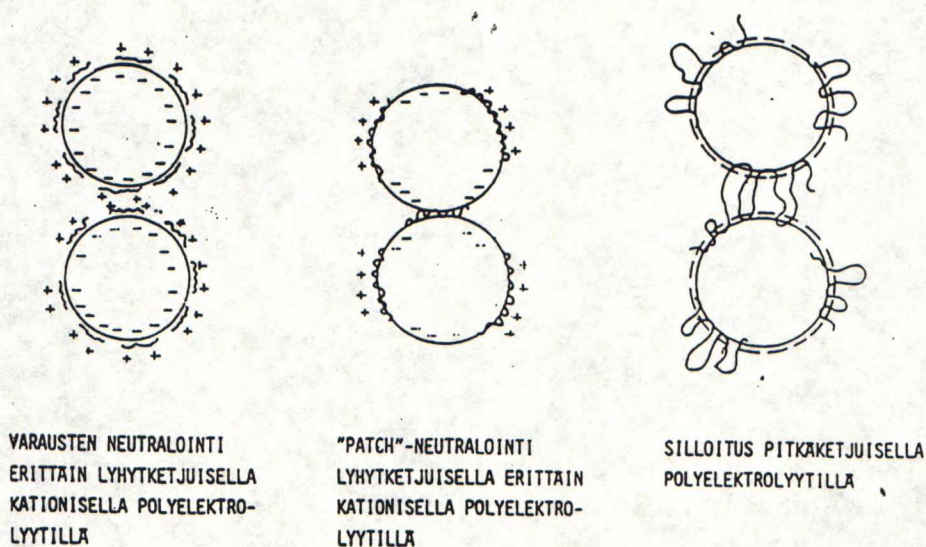
Kuvan 3 retentiovaihteluita esittävässä käyrässä ovat mukana myös SC-paperiajot, joten käyrän kokonaisvaihtelu on suuri. Käyrään on merkitty erikseen ne LWC-ajojaksot, jolloin oli esiintynyt erityisen paljon tai normaalia vähemmän päällystysasemakatkoja.

4.2 Retentiomekanismit

Nykyisin yleisesti hyväksytyt retentiomekanismit ovat varsin vanhoja. Ne voidaan jaotella mekaaniseen retentioon ja kemikaalien avulla saavutettuun retentioon, jossa puolestaan voidaan erottaa varauksen neutralointi, mosaiikkiadheesio ja sillanmuodostus omina retentiomekanismeinaan (kuva 4). Vaikka retentioaineiden toimintaa perustellaan erilaisin mekanismein, on huomattava, että paperinvalmistuksessa eri mekanismit toimivat samanaikaisesti /9/.



Kuva 3. Rauma-Repola Oy:n Rauman paperitehtaan paperikone 1:n massa- ja vesitarkkailuraporttien vuorokautisten keskiarvojen perusteella piirretty käyrä retentiovaihteluista aikavälillä 1.1.-31.8.89 /12/.



Kuva 4. Retentioaineiden toimintamekanismit /9/.

4.2.1 Mekaaninen retentio

Paperirainan muodostuessa suotautumisen yhteydessä viiralle muodostuu sitä huomattavasti pidätyskykyisempi kuitukerros. Kuitenkin kaikkein hienoin jae, kuten täyteaine, menee helposti tämänkin läpi /13/. Kun rainanmuodostus tapahtuu ilman apukemikaaleja, puhutaan mekaanisesta retentiosta. Vesisuspensiossa kuiduilla on negatiivinen pintavaraus. Näin on yleensä myös täyteainepartikkeleilla. Vesilietteessä ne hylkivät toisiaan. Tällöin hienoaines voi jäädä rainaan vasta kuituverkoston muodostumisen jälkeen tarttuen siihen mekaanisesti tai adsorboituen kuidun pintaan. Lisäksi täyteaine voi kulkeutua rainan huokosiin kapillaarivoimien avulla tai diffuusiolla kuidun lumeneen. Näissä oloissa flokkeja voi muodostua vain pitkien kuitujen mekaanisen vyyhtiytyymisen avulla /14/.

Mekaaninen retentio käsitetään yleensä reversiibeliksi tapahtumaksi. Kuitufraktion retentio on yleensä hyvin hallinnassa, joten päähuomio kiinnittyy täyte- ja muun hienoaineen retentioon. Mekaaniseen retentioon vaikuttavat muun muassa rainan neliömassa, massakoostumus, koneen nopeus, viiran rakenne ja arkinmuodostusalueen rakenne /8,11/.

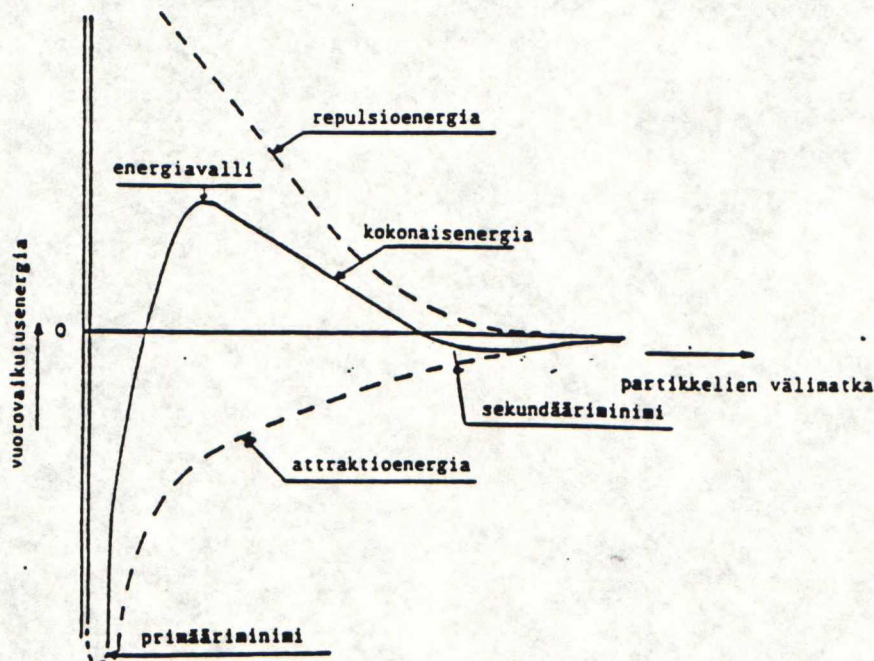
4.2.2 Kemikaalien avulla aikaansaatu retentio /11/

Kemikaalien avulla aikaansaatu retentio toimii koagulaatio- ja flokkulaatioprosessien kautta nostaen hienoaineuksen tehokasta partikkelikokoa. Tämän johdosta hienoaineuksen retentio rainaan paranee. Useimmilla kuiduilla, kuituhienoaineella ja täyteaineilla on negatiivinen pintavaraus vesilietteessä. Sähköstaattiset repulsiovoimat pyrkivät pitämään nämä massakomponentit hyvin dispergoituneina niin, että kolloidinen hienoaine pääsee rainan läpi viiraveteen. Jotta hienoaines voitaisiin retentoida rainaan, täytyy toimia seuraavasti: ensinnäkin, alentaa partikkelien välisiä repulsiovoimia (koagulaatio), minkä jälkeen muodostaa "silta" neutraloituneiden partikkelien välille (flokkulaatio), jolloin muodostuu erillisiä agglomeraatteja, jotka ovat tarpeeksi suuria retentoitumaan rainaan.

4.2.3 Varauksen neutralointi

Kuvassa 5 on esitetty kahden kolloidisen partikkelin väliset vuorovaikutusenergiat. Kolloidi on stabiili, mikäli energiakynnys on riittävän suuri, eli noin kymmenkertainen partikkelien kineettiseen energiaan verrattuna. Kun kuvassa 1 esitetty diffuusikerros ohenee, hiukkaset voivat päästä lähemmäs toisiaan ja attraktiivoimat voivat vetää ne toisiinsa kiinni, jolloin tapahtuu koaguloituminen tai flokkautuminen. Sen seurauksena hiukkaset muodostavat suurempia aggregaatteja ja niiden on helpompi retentoitua rainaan. Jos hiukkasten aggregoituminen tapahtuu primääriminimissä, kyseessä on koaguloituminen ja sen tapahtuessa sekundääriminimissä tapahtumaa kutsutaan flokkautumiseksi.

Ionikonsentraation kasvu alentaa Sternin potentiaalia (kuva 1), ja partikkelien väliset vetovoimat voivat helpommin muodostaa aggregaatteja alentuneen energiakynnyksen johdosta /8/.



Kuva 5. Kahden kolloidisen partikkelin vuorovaikutusenergiat etäisyyden funktiona DLVO-teorian mukaan /8/.

Kolloidien stabiilisuus riippuu energiamaksimin korkeudesta. Hiukkaset koaguloituvat, jos lämpöliikkeen tai ulkoisten voimien hiukkasille antama liike-energia ylittää energiamaksimin hiukkasten törmätessä toisiinsa /4/.

Systeemin stabiilisuuteen voidaan vaikuttaa muuttamalla kemikaalilisäyksiä steeristä tai sähköistä repulsiota. Steeristä repulsiota voidaan lisätä suojakolloidin avulla. Suojakolloidin vaikutusetäisyys on lyhyt, mutta sen avulla voidaan muuttaa energiamaksimin kor-

keutta ja etäisyyttä. Sähköistä repulsiota voidaan pienentää periaatteessa kahdella tavalla /4/:

1. Nostamalla liuoksen ionivahvuutta, jolloin diffuusikerros ohenee.
2. Pienentämällä hiukkasten pintavarausta polyelektrolyyttien avulla.

DLVO-teorian mukaan elektrolyytin koaguloitumisteho riippuu vastaionin varauksesta. Schulze-Hardyn säännön mukaan vastaionikonsentraatio nopean koaguloitumisen aikaansaamiseksi riippuu kääntäen ionin varauksen kuudennesta potenssista. Tällöin mono-, di- ja trivalenttisten ionien suhteelliset koagulointi-arvot ovat $1:(1/2)^6:(1/3)^6$ tai 100:1,6:0,13 /15/.

4.2.4 Mosaiikinmuodostus

Mosaiikkimallissa elektrostaattiset voimat ovat tärkeitä. Kationinen polymeeri adsorboituu ensin negatiivisesti varautuneiden hiukkasten pintaan. Tällöin partikkelin pintaan muodostuu vastakkaismerkkisiä kohtia ja pintavaraus on epätasaisesti jakautunut. Toisessa vaiheessa hiukkasten joutuessa lähellekin vastakkaisesti varautuneet laikut voivat osua kohdakkain, jolloin flokkaantuminen tapahtuu /15/.

Koska partikkelien välinen vuorovaikutus tapahtuu partikkelien vastakkaisesti varautuneiden kohtien välillä, suspension kokonaisvarauksen ei tarvitse olla nolla flokkaantumisen tapahtumiseksi. Kuitenkin attraktiivoimien tulee olla suuret negatiivisesti varautuneen partikkelin ja mosaiikkimekanismilla toimivan aineen välillä /8/. Tutkimuksissa on havaittu positiivisia laikkuja muodostavien polymeerien asettuneen partikkelin pintaan litistyneeseen konformaatioon, jolloin polymeerilenkit eivät ylety muodostamaan siltaa elektrostaattisen kaksoiskerroksen yli /15/.

Vaikka suurilla moolimassoilla flokkaantuminen ei suoranaisesti riipu moolimassasta, pitkäketjuiset polymeerit ovat tehokkaampia flokkaajia kuin lyhytketjuiset. Mosaiikkiflokkaus on tyypillistä systeemeille, joilla on suuri varaustiheys /8/.

4.2.5 Sillanmuodostus

Sillanmuodostuksessa pitkäketjuiset polymeerit kiinnittyvät partikkelien pintaan muodostaen kauaksikin partikkelien pinnasta ulottuvia polymeerilenkkejä, jotka ylettyvät sähköisen kaksoiskerroksen läpi. Partikkelien pintaan kiinnittyvien segmenttien määrä riippuu moolimassasta, polymeeri-liuotin-vuorovaikutuksesta, polymeerin taipuisuudesta ja pintasegmenttien vuorovaikutusenergioista /15/. Liuokseen törröttävät polymeeriketjun lenkit tai hännät voivat adsorboitua toiseen partikkeliin vain, jos niiden pituus on suurempi kuin kahden partikkelin keskimääräinen välimatka. Välimatka puolestaan riippuu diffuusikerroksen paksuudesta. Polymeerin sisältäessä varautuneita ryhmiä pitävät elektrostaattiset repulsiovoimat molekyyliketjuja erillään aiheuttaen suoraksi ojentuneen konformaation. Jos lenkkien pituus ei ole riittävä, diffuusikerrosta voidaan ohentaa ja flokkaantuminen saada tapahtumaan /8/.

Sillanmuodostus voidaan eritellä kolmeksi tapaukseksi sen mukaan, onko flokkaavan polymeerin varaus sama vai vastakkaismerkkinen kuin massasulpulla tai onko polymeeri nonioninen. Flokkien syntymiselle on kolme edellytystä /8/:

1. Partikkelin pinnalla on liuokseen ojentuneita ketjusegmenttejä.
2. Segmenttejä on tarpeeksi ja ne ovat riittävän pitkiä.
3. Adsorption vaatimaa pintaa on käytettävissä.

Taulukossa 1 on esitetty tietoja eri retentiomekanismeista.

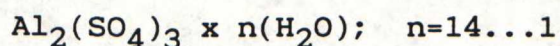
Taulukko 1. Retentiomekanismien vertailu /9/.

	VARAUSTEN NEUTRALOINTI	MOSAIIKKIMUODOSTUS	SILLANMUODOSTUS
TYYPILLINEN RETENTIOAINE	ALUNA	POLYETYLEENI-IMIINI	POLYAKRYyliAMIDI
MOLEKYYLIPAINO	10 000	100 000	1 000 000 TAI YLI
VAIKUTUS RETENTIOON VEDENPOISTOON FORMAATIOON	HEIKKO HEIKKO HYVÄ	HYVÄ HYVÄ HYVÄ	ERINOMAINEN TYYDYTTÄVÄ TYYDYTTÄVÄ
FLOKKIKOKO	PIENI	KESKISUURI	SUURI
FLOKKIEN LEIKKAUSVOIMIEN KESTO	HEIKKO	TYYDYTTÄVÄ	HYVÄ
UUDELLEEN FLOKKAUTUMISKYKY	HYVÄ	HYVÄ	HEIKKO

4.3 Retentioainetyypeistä

4.3.1 Epäorgaaniset apuaineet

Alumiinisulfaatti on paperinvalmistuskemikaalina jo pitkään ollut erikoisasemassa monipuolisten kolloidikemiallisten vaikutustensa vuoksi. Tekninen alumiinisulfiitti eli niin sanottu paperintekijän aluna sisältää vaihtelevan määrän kidevettä /16/:



Alumiinin kationiset muodot, kolloidit ja mikroflokkit adsorboituvat negatiivisille pinnoille paperinvalmistusjärjestelmässä sähköstaattisella vuorovaikutusmekanismilla. Adsorption määrä ja voimakkuus ovat riippuvaisia sekä Al-kationin varaustiheydestä että sen pyrkimyksestä erottua vesifaasista. Alumiini-ionien adsorptioherkkyydellä monenlaisille anionisille pinnoille on erittäin tärkeä merkitys negatiivisten hiukkas-

ten flokkaamiseen, koagulointiin ja retentioon paperinvalmistusjärjestelmässä /16/.

4.3.2 Epäorgaaniset mineraalit

Retention apuaineena voidaan käyttää myös adsorptioaineita, joista yleisin on bentoniitti. Hienojakoista talkkia käytetään pihkan sitomiseen. Talkilla ja bentoniitilla on havaittu antagonistinen vaikutus. Bentonitti on kerrostumalla muodostunut kiteinen alumiinioksisilikohydraatti. Sen lamellit koostuvat kolmesta kerroksesta: tetraedrinen SiO_4 -kerros, oktaedrinen Al-oksihydraattikerros, tetraedrinen SiO_4 -kerros. Kide koostuu 15-20 lamellista. Vesiliuoksessa se turpoaa voimakkaasti. Lamelleilla on negatiivinen pintavarauus /8/.

Paperiteollisuudessa käytetään etupäässä alkaliaktivoitua bentoniittia. Se on hinnaltaan halvempaa kuin hapanaktivoitu bentoniitti. Molemmilla menetelmillä valmistetut bentoniitit adsorboivat liuennutta ja kolloidista ainetta /8/.

4.3.3 Luonnon polymeerit

Kationisoiduista luonnonpolymeereistä ylivoimaisesti tärkein on kationinen tärkkelys. Sitä valmistetaan liittämällä tärkkelysketjuihin funktionaalisia ryhmiä, jotka dissosioituvat reaktioliuoksessa antaen tärkkelysketjuille positiivisen varauksen /17/. Tärkkelys esiintyy kahtena molekyyilirakenteeltaan ja liukoisuudeltaan eri muotona, amyloosina ja amylopektiininä, joiden keskinäiset määräsuhteet riippuvat siitä, mistä kasvista tärkkelys on eristetty. Amyloosi on lineaarinen 1,4- α -glukosidisin sidoksin toisiinsa liittyneistä glukopyranoosiyksiköistä muodostuva polymeeri. Amylopektiini on tärkkelyksen haaroitunut muoto, joka 1,4-sidosten lisäksi sisältää 4-6 prosenttia 1,6-glukosidisia sidoksia /8/.

Kationoitujen tärkkelysten toimintaan retentioaineena vaikuttavat moolimassa ja substituutioaste, jolla kuvataan positiivisten varausten määrää molekyyliketjussa. Varaustiheyden kasvaessa tärkkelys sitoutuu tiukemmin massapartikkelien pintaan /8/. Substituutioaste vaihtelee 0,5 ja 9 prosenttiyksikön välillä. Lievimmin substituoidut ($ds < 2,5 \%$) tärkkelykset eivät paranna retentiota /18/.

Lisättäessä kationista tärkkelystä massasuspensioon se reagoi aluksi lähes yksinomaan liuenneiden, negatiivisesti varautuneiden puupolymeerien kanssa, koska näiden ominaispinta-ala on erittäin suuri /5/. Kationisten ja anionisten polymeerien vuorovaikutusteorian mukaan kationinen tärkkelys ja puupolymeerit saattavat reagoida seuraavilla tavoilla /17/:

1. Ne voivat muodostaa liukoisia komplekseja.
2. Ne voivat saostua.
3. Puupolymeerit voivat kiinnittyä kuituihin tärkkelyksen välityksellä.

Sitoutuessaan tärkkelysmolekyyleihin puupolymeerit alentavat tärkkelyksen varausta ja heikentävät tärkkelyksen adsorptiota ja tärkkelyksen liimauskykyä. Toisaalta tärkkelys sitoo puupolymeereja ja kiinnittää niitä paperirainaan /17/.

Adsorboituessaan kuituun kationinen tärkkelys pienentää sen pintavarausta. Kun pinnan varaus on nolla, tärkkelys ei enää adsorboidu elektrostaattisin voimin. Tällöin pintojen välinen sähköinen repulsio on alhaisimmillaan, jolloin edellytykset massan flokkaantumiselle ovat parhaat /17/.

Jos pinnan varaus kuitenkin on suuri, pinta saattaa peittyä tärkkelysketjuista jo ennen isoelektrisen pisteen saavuttamista. Tällöin tärkkelys toimii suojakoloidina estäen pintoja kiinnittymästä toisiinsa /17/.

Tekijä ja työn nimi : JUHA LUHTALAMPI

Paperikoneen märkäosan fysikokemiallisen toiminnan vaikutus hiokepi-toisen pohjapaperin ajettavuuteen

Päivämäärä : 25.5.1990

Sivumäärä : 93

Osasto :

Prosessi- ja materiaalitekniikka

Professuuri :

Puu-21, paperitekniikka

Työn valvoja :

Professori Hannu Paulapuro

Työn ohjaaja :

Diplomi-insinööri Mikko Jokio

Työn tavoitteena oli selvittää kirjallisuuden ja paperikonekoeajojen avulla hyllyn, massatärkkelyksen ja peroksidivalkaistun hiokkeen vaikutuksia LWC:tä on-machine-tekniikalla valmistavan paperikoneen märkäosan fysikokemialliseen tilaan, paperin reikien määrään sekä pohjapaperin rakenteeseen ja tätä kautta paperikoneen ajettavuuteen.

Paperikoneen märkäosalla esiintyy yleensä kahdenlaisia häiriöaineiden aiheuttamia ongelmia. Vesikiertoon kertyy saostumia, jotka aiheuttavat reikiä paperiin, tai sitten häiriöaineet heikentävät retentioaineiden tehoa, jolloin retentio laskee. Häiriöainelähteinä mainittiin muun muassa mekaanisen massan valmistus (etenkin kuumahiertoprosessi), peroksidivalkaus sekä päällystyspastan sisältämät dispergointiaineet ja lateksit. Häiriöaineiden määrää voidaan mitata manuaalisesti esimerkiksi anionisuus-, johtokyky-, COD- ja hehkutusjäännösarvojen avulla.

Päällystetty hylky oli kemiallisilta ominaisuuksiltaan selvästi päällystämätöntä hylkyä haitallisempi. Tulosten perusteella esitettiin, että päällystetyn hyllyn kokonaiskäytön yläraja paperikoneen kiertovesien kemiallisen tilan stabiilisuuden kannalta olisi 20-30%:n välillä.

Hyllyn annostelun pienentäminen vähensi selvästi paperin reikien sekä paperikoneella esiintyneiden katkojen määrää. Tämä johtui enemmänkin hyllyn käsittelykapasiteetin puutteista kuin hyllyn mukana tulleiden häiriöaineiden aiheuttamista kasaumista vesikierrrossa. Hyllyn määrän vähentämisellä ei ollut vaikutusta pohjapaperin formaatioon, mutta repäisy-
lujuutta se paransi selvästi, kymmenen prosenttia.

Massatärkkelyksellä oli osittainen massasulpun epäpuhtauksia rainaan sitova vaikutus. Lisäksi massatärkkelys paransi etenkin vetolujuutta.

Peroksidivalkaistun hiokkeen vähentäminen näkyi selvästi paperikoneen kiertovesissä. 75%:n annostelumäärän vähentäminen nolla-annosteluun (kokonaishiokkeesta) laski viiraveden sisältämien häiriöaineiden määrää yli 50%. Peroksidivalkaistun hiokkeen todettiin olevan haitallisempi paperikoneen retentiolle kuin päällystetyn hyllyn.

4.3.4 Synteettiset polymeerit

Synteettiset polymeerit ovat nykyisin tärkein retentio-aineiden ryhmä. Niitä on lukuisia erilaisia ja ne voidaan luokitella esimerkiksi moolimassan, varaustilan, varaustiheyden ja retentiomekanismin mukaan. Lisäksi moolimassajakauma on tärkeä. Varaukseltaan polymeerit voivat olla nonionisia, kationisia, anionisia tai amfoteerisia. Ionisuutta ja moolimassaa voidaan säädellä valmistusprosessin avulla. Aineen retentiomekanismi riippuu moolimassasta ja varaustiheydestä. Moolimassa vaihtelee muutamasta tuhannesta yli 15 miljoonaan. Molekyylit voivat olla joko haaroittuneita tai lineaarisia. Lineaarisia pidetään retentiovaikutuksiltaan parempina kuin haaroittuneita. Keskisuurilla molekyyleillä on vallitsevana mosaiikkimekanismi, kun taas suurten polymeerien mekanismi on sillanmuodostus /4,8,18/.

Käytetyin retentioaine on polyakryyliamidi (PAM), jota käytetään nonionisena, anionisena ja kationisena. Sen moolimassa vaihtelee 5-14 miljoonan välillä. Anioninen PAM sisältää 5-10 % Na-akrylaattia ja nonionisessa anionisia ryhmiä on yleensä 0,2-0,4 %. Kationiset polyakryyliamidit ovat akryyliamidin ja jonkin kvaternäärisen ammoniumryhmän sisältävän yhdisteen kopolymeerejä /8,9/.

Polyetylenei-miini (PEI) on haaroittunut kationinen polymeeri. Moolimassa vaihtelee muutamasta tuhannesta puoleen miljoonaan. Polyamiinit ovat monifunktionaalisten amiinien voimakkaasti kationisia polymeerituotteita. Polyamidoamiinit (PAA) valmistetaan kaksiarvoisesta karboksyylihaposta ja monifunktionaalisesta amiinista moolimassan ollessa yleensä alhainen (10000-20000). Ne ovat myös voimakkaasti kationisia /8,9/. Polyetyleenioksidi on retentioaineista pitkäketjuisin. Sen moolimassa vaihtelee välillä 4-6 miljoonaa, eikä sen molekyyliketju sisällä lainkaan haaroja, jolloin sen ketjun pituus on 40-60 μm /9/.

4.3.5 Retentioaineyhdistelmät /9/

Jatkuvasti kohonneet paperikonenopeudet ja siirtyminen kaksoisviiratekniikkaan sekä vesikiertojen sulkemisen aiheuttama kiertoveden liuenneiden aineiden konsentraation kasvu ovat johtaneet tarpeeseen kehittää yhä tehokkaampia retentionparannuskeinoja. Yksi näistä on etsiä sellainen retentioaineyhdistelmä, joka on mahdollisimman epäherkkä liuenneiden aineiden konsentraation kasvulle.

Kationinen tärkkelys + PAM

Tässä yhdistelmässä kationinen tärkkelys sekä valitaan että annostellaan mahdollisimman suuren lujuuslisäyksen aikaansaamiseksi. PAM valitaan täysin tärkkelyksestä riippumatta pyrkien parhaaseen mahdolliseen retentioniin. Kationinen tärkkelys + PAM-yhdistelmien toiminta perustuu useimmiten kationisen tärkkelyksen ja anionisen polymeerin yhteisvaikutukseen. Eräissä tapauksissa kationinen tärkkelys voi toimia myös häiriöaineiden adsorboijana, jolloin varsinaisen retentioaineen toimintaedellytykset ja siten myös retentio paranevat.

Polymeeri-dual-yhdistelmät

Eniten on kokeiltu yhdistelmää PEI + anioninen PAM, mutta tietoja on lähes kaikkien kuviteltavissa olevien yhdistelmien kokeiluista. Tyypillistä näille systeemeille on, että niillä saavutetaan erinomainen tulos, mikäli olosuhteet (annostelupaikat, -määrät, viive polymeerien annostelun välillä, kiertoveden kemiallinen tila) ovat oikeat. Käytännössä on kuitenkin optimiolosuhteiden löytäminen osoittautunut hyvin vaikeaksi. Polymeeri-dual-yhdistelmien tehokkuus perustuu useimmiten siihen, että lyhytketjuinen polymeeri adsorboituu täyte- ja hienoaainepartikkelien pinnoille ja tarjoaa näin hyvän kiinnityskohdan pitkäketjuisille polymeereille.

Bentoniitti + PAM

Suuresta ominaispinta-alastaan johtuen bentoniitti pystyy adsorboimaan itseensä liuenneita ja kolloidisia aineita, jotka heikentävät useimpien retentioaineiden toimintaa. Tällöin bentoniitin käytön myötä retentioaineiden teho paranee.

Taulukossa 2 on esitetty eri paperilajien valmistuksessa Suomessa yleisimmin käytettäviä retentioaineita ja taulukossa 3 on arvioitu nykyisten paperivalmistusprosessien tärkeimpien osatekijöiden vaikutusta retentioon.

Taulukko 2. Eri paperilajien valmistuksessa Suomessa yleisimmin käytetyt retentioaineet /9/.

PAPERILAJI	RETENTIOAINEEN KÄYTÖN SYY	YLEISIMMIN KÄYTETTY RETENTIOAINEET	
		ENSISIJAISESTI	TOISSIJAISESTI
SC-PAPERI	RETENTIO	POLYAKRYYLIAMIDI (PAM)	BENTONIITTI + PAM
HIEPOPAPERI	RETENTIO	KAT.TÄRKKELYS + PAM	PAM
LWC-POHJAPAPERI	RETENTIO JA LUJUUS	KAT.TÄRKKELYS	KAT.TÄRKKELYS + PAM
SANOMALEHTIPAPERI	VEDENPOISTO JA RETENTIO	TOISTAISEKSI EI OLE LÖYDETTY RIITTÄVÄN EDULLISTA JA TOIMIVAA AINETTA TAI AINEYHDISTELMÄÄ	
KARTONKI	VEDENPOISTO JA RETENTIO, MIKÄLI KÄYTETÄÄN TÄYTEAINETTA	KAT. TÄRKKELYS	KAT. TÄRKKELYS + POLYMEERI (JOKO PAM TAI KOLLOIDINEN PIIHAPPO)
MUUT PAPERILAJIT	KÄYTTÖ SATUNNAISTA		

Taulukko 3. Paperinvalmistusprosessien osatekijöiden vaikutus viiraretentioon /19/.

Tekijä	Nykysuuntaus	Vaikutus
Koneen nopeus	Kasvava	-
Vedenpoistotapa	Kaksisuuntainen	-
- pulssimainen		-
- yhtäjaksoinen		+
Sulkemisaste	Kasvava	-
Neliömassa	Aleneva	-
Mekaanisen massan osuus	Kasvava	-
Täyteaineen määrä	Kasvava	-
Uusiomassan käyttö	Kasvava	-
Prosessin pH	Kasvava	-
Retentioaineiden käyttö	Kasvava	+
- kaksikomponenttisyteemit	Kasvava	+
Monikerrosviirat	Kasvava	+

5. MASSASULPUN LIUENNEET JA KOLLOIDISET HÄIRIÖAI- NEET, HÄIRITSEVÄ VAIKUTUS, HÄIRIÖAINELÄHTEET

5.1 Yleistä

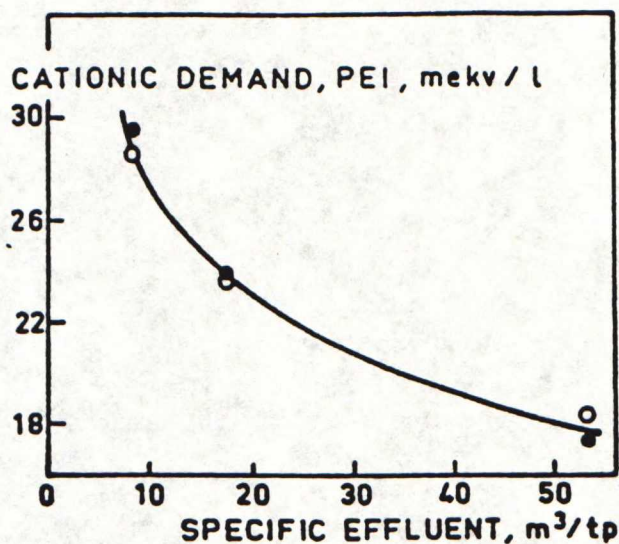
Paperinvalmistuksen nykysuuntauksen ollessa kohti suljetumpia vesisysteemejä ja yhä halvempia raaka-aineita, kuten keräyspaperi ja mekaaninen massa, sekä kohti pitemmälle jalostettuja tuotteita, kuten päällystetyt paperit, paperinvalmistusprosessiin kertyy yhä enemmän liuennaita ja kolloidisia aineita, joita voidaan pitää lähes aina häiriöaineina. Nykyisissä paperinvalmistusprosesseissa näiden häiriöaineiden tarkkailu on välttämätöntä /6/.

Teoreettisesti on helppo sanoa, että hiukkaset, jotka ovat suurempia kuin 10^{-6} mm, ovat kolloidisia ja että kolloidisen ja kiinteän aineen raja on 10^{-3} mm. Liuennaita aineena voidaan pitää partikkeleja, joiden läpimitta on pienempi kuin 10^{-9} mm. Kuitenkaan kaikki teoreetikot eivät ole yksimielisiä tästä kokojaosta. Käytännössä tällaisen kokojaon hyväksyminen vaatisi menetelmän, jolla sulppu fraktioidaan jakoa vastaaviin osiin. Koska tällaisia menetelmiä ei ole, on olemassa erilaisia käytäntöjä, joilla voidaan vetää raja kiinteän ja liuennaiten aineen välille. Tästä kuitenkin seuraa, että samasta sulpusta voidaan saada erilaisia liuennaiten aineen pitoisuuksia fraktiointimenetelmästä riippuen. Siksi on muistettava, että kirjallisuudessa esiintyvät tulokset eivät välttämättä ole keskenään verrannollisia, vaan yksittäisten tutkimusprojektien tietyille paperikoneelle tekemiä kyseessä olevan paperikoneen tilaa kartoittavia tutkimuksia /20/.

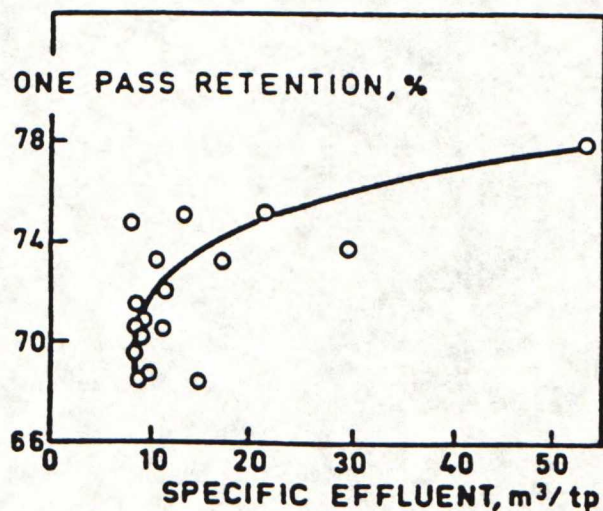
Häiriöaineiden aiheuttamat ongelmat vaihtelevat laajasti niiden ollessa riippuvaisia tuotannon ja käytetyn raaka-aineen laadusta. Pääasiassa säännöllisesti on esiintynyt kahdenlaisia ongelmia. Vesikiertoon kertyy saostumia, jotka aiheuttavat paakkuja, reikiä ja taharoja paperissa, mistä on seurauksena ajettavuuden heikentyminen ja pesuseisakkien määrän kasvu. Toinen yle-

nen ongelma on kemiallisten apuaineiden, kuten retenti-
oaine, märkälujaliima ja massavärit, tehon heikkenemi-
nen /6/.

Anionisuus on yksi paperikoneen märkäosan tilaa kuvaavaista suureista. Massasulpun liuenneet ja kolloidiset häiriöaineet ovat pääosin anionisia, joten niiden määrän kasvaessa myös sulpun anionisuus kasvaa. Näin käy siis paperikoneen kiertovesijärjestelmän sulkemisasteen noustessa. Kuvissa 6 ja 7 näkyy, että anionisten aineiden määrän kasvaessa paperikoneen sulkemisasteen funktiona hienoaineretentio laskee /21/.



Kuva 6. Viiraveden anionisuuden kehittyminen paperikoneen sulkemisasteen funktiona /21/.



Kuva 7. Hienoaineen retention riippuvuus paperikoneen sulkemisasteesta /21/.

Häiriöaineisiin voidaan katsoa kuuluviksi anioniset ja kationiset oligomeerit ja polymeerit sekä nonioniset hydrokolloidit. Kemiallisesti niillä voi olla hyvinkin erilainen orgaaninen tai epäorgaaninen luonne, ja ne voivat olla lähtöisin kaikista paperimassan raaka-aineista /22/.

5.1.1 Epäorgaaniset aineet

Epäorgaanisiin aineisiin kuuluvat lähinnä kiertoveteen dissosioituneet ionit. Kiertovesissä tavataan korkeita pitoisuuksia alkali- ja maa-alkalimetallien suoloista. Tyypillisiä kiertovesissä esiintyviä kationeja ovat: rauta-, kalsium-, natrium-, kalium-, mangaani- ja alumiini-ionit. Anioneista tyypillisimpiä ovat sulfaatti- ja kloridi-ionit. Lisäksi mekaanisen massan valkaisuksa käytetty silikaatti lisää epäorgaanisten aineiden aiheuttamaa kuormaa. Retentioaineiden toimintaan vaikuttavista tekijöistä merkittävin on ionin valenssi /23,24,25/.

5.1.2 Orgaaniset aineet

Mekaanista massaa raaka-aineenaan käyttävillä paperikoneilla orgaaniset LK-aineet koostuvat pääasiassa puun hiilihydraateista, ligniinistä ja uuteaineista peräisin olevista yhdisteistä /20/. Lisäksi tähän ryhmään katsotaan kuuluviksi kolloidista kokoa olevat kuituseinämäpartikkelit ja prosessiin syötettävät lisäaineet /23/.

5.2 LK-aineiden retentiota häiritsevistä vaikutuksista

Silloittumismekanismilla toimivan kationisen PAM:n toimintaa heikentävät seuraavat tekijät, jotka häiritsevät polymeerin adsorboitumista retentoitavien partikkelien pinnalle /6,26/:

1. Anioniset LK-aineet reagoivat suoraan kationisen retentioaineen kanssa ja inaktivoivat sen funktionaalisia ryhmiä.
2. Kiertoveden kationisten LK-aineiden suuri konsentraatio aiheuttaa partikkelien pinnan anionisen varauksen neutraloitumisen tai muuttumisen positiiviseksi. Tällöin retentioaineella ei ole enää kiinnittymiskohtia partikkelien pinnoilla.

3. Nonioniset LK-aineet muodostavat partikkelien pinnoille neutraalin suojakolloidikerroksen, johon retentioainemolekyyli ei pysty adsorboitumaan.
4. Kiertoveden elektrolyyttipitoisuuden kasvaessa PAM:n teho aluksi paranee hiukkasen pinnalla olevan diffuusikerroksen (kuva 1) ohentuessa. Konsentraation edelleen suurentuessa retentioaineen adsorptio vähenee ja retentio huononee. Suuri suolapitoisuus aikaansaa PAM-molekyylien käpertymisen kokoon, jolloin niiden sillanmuodostuskyky estyy.

Retentioaineet adsorboituvat kolloidisen hieno- ja täyteaineen pintaan, joten kaikki muutokset hieno- ja täyteaineen määrässä vaikuttavat retentioaineen tarpeeseen. Liuenneiden ionien ja häiriöaineiden konsentraatio massasulpuissa vaikuttaa myös siihen, millainen retentioaineyhdistelmä toimii parhaiten /11/.

5.3 Kemiallinen massa

Ennen käyttöä sellu on jauhattava, jolloin kuituja katkeilee ja varsinaisen kuituaineksen lisäksi muodostuu hienoainesta sekä liukenee enimmillään noin prosentti kuidun painosta. On sanottu, että liukenevasta aineksesta 70-90 prosenttia on ksylaania /27/, jota ei kuitenkaan pidetä kovin haitallisena täyteaineretentioon kannalta /28/. Selluhienoaineen retentio on yleensä hyvä. Pumpumassana käytetty sellu on retentioaineiden toiminnan kannalta epäedullisempaa kuin paalisellu, sillä pienetkin valkaisuliuosten jäämät aiheuttavat ylimääräisen kuorman massasulppuun ja tätä kautta kuluttavat kationisia retentioaineita /8/.

5.4 Mekaaniset massat

Mekaanisten massojen ominaisuudet sekä niiden mukanaan tuomien häiriöaineiden määrä ja laatu riippuvat useasta tekijästä, kuten raaka-aineesta, laitteen rakenteesta, prosessimuuttujista (tuotantonopeus, lämpötila, sakeus ja ominaisvedenkulutus, esilämmitysaika).

Eri prosessien hienoaineksen ja liuenneiden ja kolloidisten aineiden määrät vaihtelevat paljon liunneen aineen määrän massatonnia kohden kasvaessa hiontaprosessista uudempiin menetelmiin siirryttäessä. Yleensä mekaaninen massa tulee paperikoneelle pumppumassana, jolloin osa liunnesta aineesta pääsee myös paperikoneelle /8/.

5.4.1 Liunneet häiriöaineet

Puuta mekaanisesti kuidutettaessa liukenee aina noin 8 kg/t massaa. Esikäsittely lämmöllä lisää liukoisuutta siten, että TMP-prosessissa liukenee noin 12 kg/t massaa TMP:n ollessa siten retentioaineen kannalta hankalampi kuin hioke /8,9/. Ennen kuidutusta suoritettava kemikaaliesikäsittely lisää liukoisuutta edelleen. Kuidutuksen jälkeen kemikaalien liuottava vaikutus jatkuu. Kiertovesijärjestelmä pesee massasta liukenevaa ainesta liukenemisen ollessa riippuvainen järjestelmän lämpötilasta ja aineen konsentraatiosta kiertovedessä. Yleinen pesevä vaikutus on 5 kg/t massaa /8,23/. Lämpötilan noustessa yli 120 °C:een liukeneminen kasvaa voimakkaasti. Ominaisvedenkulutuksen pienetessä kiertoveteen liunneen aineen konsentraatio kasvaa ja liukeneminen massatonnia kohden vähenee /8/. Taulukossa 4 on esitetty muutamien mekaanisten massanvalmistusmenetelmien aiheuttama kuormitus COD-arvon perusteella. Lisäksi taulukossa on vertailtu peroksid- ja ditioniittivalkaisun aiheuttamaa kuormitusta keskenään /23/.

Kaikkien mekaanisissa massoissa esiintyvien liunneiden aineiden määrittäminen on vaikeaa. Kuitenkin on pystytty osoittamaan selkeästi, että tyypillisimmät häiritsevät liunneet ja kolloidiset aineet ovat happoliukoinen ligniini, klasonligniini, hiilihydraatit, rasvahapot, etikkahappo, asetyyliyhdisteet, orgaaniset uuteaineet ja erilaiset mineraalit /29/. Retentiota eniten heikentäviä komponentteja ovat ligniinijohdannaiset /23/.

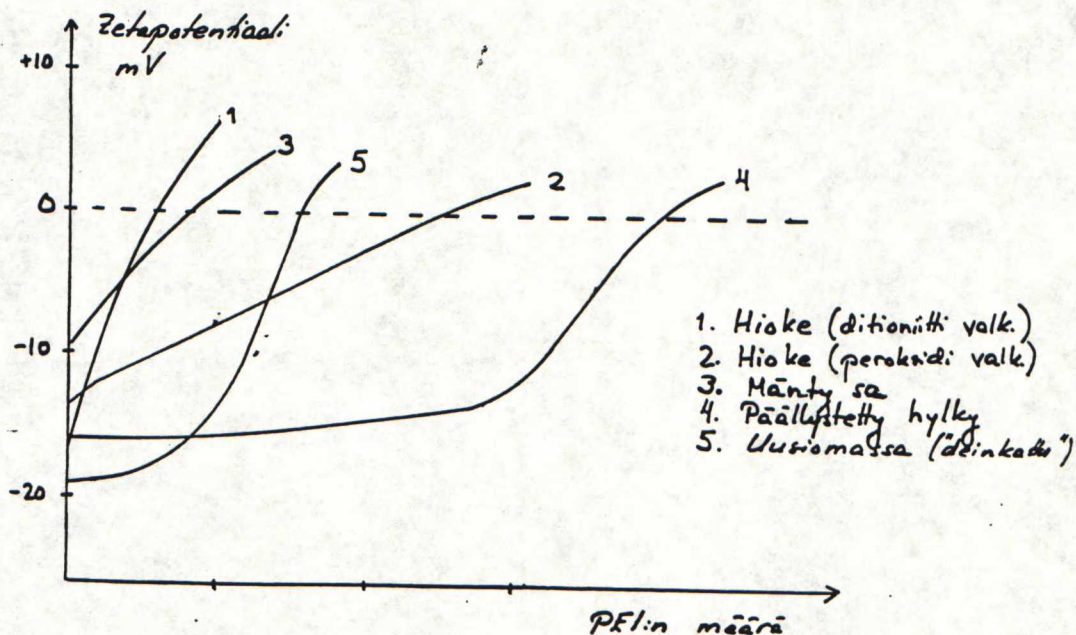
Taulukko 4. Mekaanisten massanvalmistusmenetelmien aiheuttama COD-kuormitus /23/.

	<i>COD load (kg O₂ / t)</i>
<i>Stone groundwood, unbleached</i>	<i>15 - 35</i>
<i>Refiner groundwood, unbleached</i>	<i>25 - 45</i>
<i>Thermomechanical groundwood, unbleached</i>	<i>40 - 60</i>
<i>Additional load by :</i>	
<i>Peroxide bleaching</i>	<i>20 - 40</i>
<i>Dithionite bleaching</i>	<i>3 - 10</i>

*Influence of manufacturing processes of groundwood
on COD load*

5.4.2 Mekaanisten massojen valkaisu

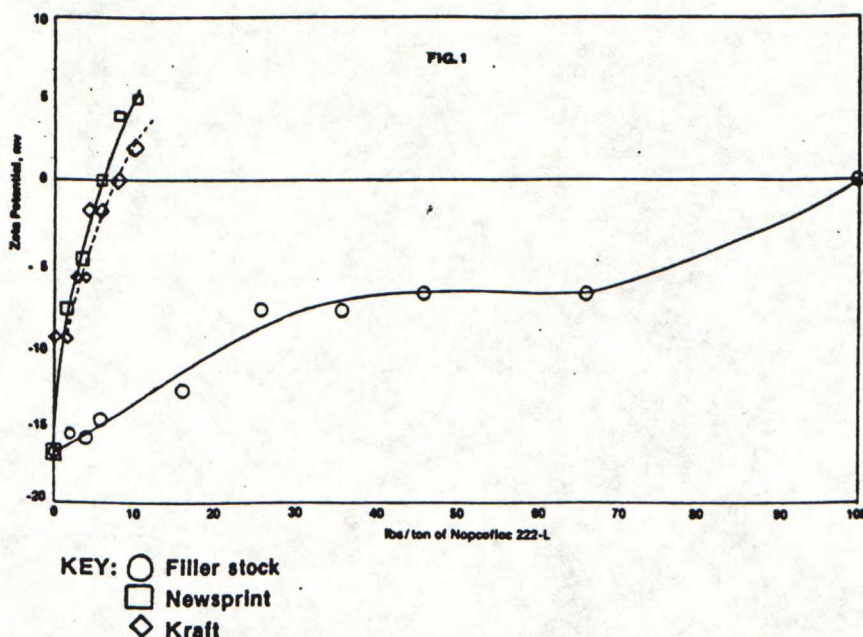
Ditioniittivalkaisussa liukoisuus ei enää kasva. Ainoastaan valkaisukemikaalit sekä usein apuna käytetyt kompleksinmuodostajat nostavat vesikuormitusta (taulukko 4). Peroksidivalkaisu tapahtuu alkalisisissä oloissa ja viipymäaika on yleensä kaksi kertaa pitempi kuin ditioniittivalkaisussa. Pärnäsen /30/ tutkimuksen mukaan peroksidivalkaistua TMP:tä käytettäessä paperikoneen kiertoveden orgaanisen LK-aineen kokonaismäärä oli lähes kaksi kertaa niin suuri kuin normaalissa ajotilanteessa, jossa TMP valkaistiin ditioniitilla. Peroksidivalkaisun stabilaattorina käytetyn vesilasin on havaittu kuluttavan kationisia retentioapuaaineita /23/, sillä se suurentaa selvästi paperikoneen kiertoveden epäorgaanisen aineksen konsentraatiota /30/. Kuvassa 8 on esitetty ditioniitti- ja peroksidivalkaistun hiokkeen kyky kuluttaa kationisia polymeereja /9/. Mittarina on käytetty systeemin zetapotentialiarvoa. Zetapotentialin itseisarvon kasvaessa systeemin stabiilisuus paranee.



Kuva 8. Erilaisten massojen kyky kuluttaa kationista polymeeria /9/.

5.5 Täyteaineet

Täyteaineen retentio rainaan on huomattavasti heikompi kuin kuituaineuksen sekä jonkin verran heikompi kuin kuituhienoaineen /8/. Täyteaine lisätään massasulppuun lietteenä, joka voi sisältää täyteaineen dispergoinnissa käytettyjä anionisia dispergointiaineita. Nämä anioniset dispergoijat muuttavat omalta osaltaan massasulpun ionitasapainoa ja täten häiritsevät kationisten retentioaineiden toimintaa /31/. Kuvassa 9 on esitetty kationisen polymeerin tarpeen kasvu siirryttäessä täyteaineettomista paperilajeista täyteaineellisiin.



Kuva 9. Kationisen polymeerin tarpeen kasvu siirryttäessä täyteainetta sisältävän massasulpun käyttöön /32/.

5.6 Hylky

5.6.1 Yleistä /33/

Paperikoneen hylkyjärjestelmä ja koneelle tulevan hyllyn laatu ovat merkittäviä tekijöitä märkäosan kemian toiminnalle. Hylky voi sisältää kemikaaleja, jotka ovat prosessille vieraita ja jopa haitallisia. Hylkyjärjestelmään pesiytyneet mikrobit voivat heilauttaa koneen ajettavuuden lähes nollatasolle johtuen kasautuma-, liimaus- tai retentio-ongelmista. Lisäksi lisäksi apuaineiden kulutus voi hyllyn takia moninkertaistua.

5.6.2 Päälystämätön hylky /33/

Märkä hylky

Märkä, päälystämätön hylky vaikuttaa märkäosan kemi-
aan enemmän, jos paperinvalmistuksessa käytetään täyte-
aineita ja lisäkemikaaleja. Rainanmuodostuksen ja pa-
perin laadun optimoimiseksi lisätään kemikaaleja, jot-
ka esimerkiksi muuttavat massavirran ominaisvarausta

halutuksi, muodostavat sidoksia kuitujen ja täyteainepartikkelien välille tai antavat lopputuotteelle kosteuskestävyyttä. Kemikaaleista riippuen hylkykierto muuttaa massavirran ominaisuuksia niin, ettei häiriöiltä enää kokonaan voi välttyä. Hylyn pumppaukset ja kuidutus pilkkovat sidospolymeerit (retentioaineet, kuivalujaliimat), mutta esimerkiksi kationiset ryhmät pysyvät sitoutuneena kuidun tai täyteainepartikkelin anioniseen ryhmään. Tällaisen massan sitoutuminen rai-
naan ei tapahdu välttämättä samoilla mekanismeilla kuin tuorekomponenttien.

Monet paperinvalmistuksen lisäkemikaalit hajoavat nopeasti tehottomiksi tai jopa prosessia häiritseviksi komponenteiksi vedessä. Jos hylkykierto on pitkä, voi kemiallisia muutoksia tapahtua muun muassa limantorjunta-aineissa, hydrofobiliimoissa ja märkälujaliimoissa. Massatärkkelykseen taas pureutuvat mikrobit nopeasti.

Kuiva hylky

Kuivan hylyn mukana paperikoneelle päätyvät komponentit ovat kemiallisesti muuttuneita. Kuivattu kuitu pilkkoutuu pulpperoinnissa ja apukemikaalit muuttavat kuidun pintakemiaa osittain pysyvästi. Kuivaluja- ja retentioainemolekyylit pilkkoutuvat ja ne menettävät suurimmaksi osaksi sidoksenmuodostamiskykynsä.

Pintaliimatärkkelykset tuovat hylkykiertoon erinomaisen pohjan mikrobikasvulle. Varsinkin natiivi- ja hapetettujen tärkkelysten retentio on koneella huono, mikä saattaa johtaa ympäristöongelmiin. Kationisten apuaineiden kulutus voi hylyn pintaliimasta johtuen kasvaa.

5.6.3 Päällystetty hylky

Päällystetyn hylyn käyttö lisää hyvän retention tarvetta paperikoneella. Joissakin tehtaissa hylyn mukana tuleva täyteaine muodostaa suurimman osan pohjapaperin

täyteaineesta, tai pohjapaperin täyteaine voi olla kokonaan peräisin hylystä. Hyllyn mukana tuleva pigmentti on vaikeampi retentoida kuin normaali täyteainepigmentti. Tämä johtuu osaksi siitä, että päällystyspigmentin koko on selvästi pienempi kuin täyteainepigmentin (80-99 % < 2 mikronia vs. 25-60 % < 2 mikronia), jolloin päällystyspigmenteilla on suurempi ominaispinta-ala, ja siitä johtuen ne muodostavat stabiileja dispersioita /11,34/. Lisäksi anioniset päällystyspigmenttien liettoon käytetyt dispergointiaineet lisäävät pigmenttipartikkeleiden sähköstaattista varausta, jolloin kationisen neutralointiaineen tarve massassa kasvaa /11,33,34/. Päällystyspastat, joissa pigmentteinä ovat kalsiumkarbonaatti tai titaanidioksidi, heikentävät retentiota enemmän kuin kaoliinipastat. Tämä johtuu siitä, että näissä pastoissa joudutaan käyttämään enemmän dispergointiaineita kuin kaoliinipastoissa. Lisäksi dispergointiaineen tarve on suurempi pastoissa, joissa sideaineena on käytetty tärkkelystä /11,34/.

Tärkkelyksen käyttö sideaineena lisää myös mikrobiongelmaa ja vaahtoamistaipumusta paperikoneen märkäosalla /33/. Hapetettu tärkkelys on hyvä sideaine, mutta se huonontaa retentiota jo pienissä pitoisuuksissa /34/.

Päällystyspastojen lateksit ovat muovityyppisiä polymeereja, jotka pastassa on pidetty emulgaattorien avulla pieninä pisaroina toisistaan erillään. Päällystetyssä hyllyssä lateksipartikkelit pääsevät helposti kasaantumaan ja seurauksena voi olla vaikeita saostumia (white pitch) /33,34/. Kirjallisuudessa /35/ on tutkittu tämän "valkean pihkan" vaarallisuutta, ja on päädytty tulokseen, jonka mukaan pahin lateksityyppi olisi polyvinyyliaasetatti, kun taas polyakrylaatti ja styreeni-butadieenipolymeeri olisivat vähemmän vaarallisia.

Päällystyshyllyn mukana lateksi tulee ohuena, kuivana filminä, joka sisältää päällystyspigmenttiä. On esitetty, että tällaista hylkyä pulpperissa hajotettaessa syntyvät filmihiukkaset eivät olisi taipuvaisia tarttumaan. Mutta jos lateksi pääsee irtoamaan pigmentistä, tai jos aines esiintyy pieninä kolloidihiuukkasina tai geelimäisenä, tai jos siihen pääsee imeytymään jostain sitä turvottavaa ainetta (koneen pesuliuotin, vaahdonestokemikaali), sen vaarallisuus voi lisääntyä /36/.

Lateksit aiheuttavat lisäksi usein hyllyssä ja edelleen paperikoneen märkäosalla vaahtoamista. Anioninen lateksi ja anioninen pigmentti yhdessä anionisen dispersointiaineen kanssa voivat viedä paperikoneelta täyteaine- ja hienoaineretention lähes olemattomaksi /33/.

Karboksimetyyliselluloosaan, CMC, pätee sama kuin tärkkelyksiin, joskaan mikrobit eivät pureudu siihen yhtä tehokkaasti /33/.

Kuvassa 8 on esitetty yhden tutkimuksen tuloksia erilaisten massakomponenttien vaikutuksesta massasulpun kemialliseen tilaan. Tässä tapauksessa päällystetty hylky on ollut erittäin anionista lisäten siten kationisen neutraloijan tarvetta selvästi. Päällystetyistä hyllyistä puhuttaessa ei sen anionisuus kuitenkaan ole aina itsestään selvää. Jos pohjapaperiin on käytetty runsaasti kationista masstärkkelystä, päällystetty hylky voi olla jopa kationista! Tämä ei kuitenkaan poissulje edellä esitettyjä päällystyspastan raaka-aineiden aiheuttamia ongelmia paperikoneen märkäosalla, vaan päinvastoin voi tehdä tilanteen hallitsemisen paperikoneella entistäkin vaikeammaksi /33/.

6. MASSASULPUN JA PAPERIKONEEN KIERTOVEDEN FYSIKO-KEMIALLISTA TILAA KUVAAVISTA SUUREISTA

6.1 Anionisuus /37/

Anionisuudella tarkoitetaan veden tai sulpun partikkeleiden negatiivisista varauksista johtuvaa varauksen kokonaismäärää. Partikkeleilla tarkoitetaan tällöin kaikenkokoisia hiukkasia kuiduista molekyyliin.

Jotta kaikki pienihiukkainenkin materiaali saataisiin kiinnitettyä paperirainaan, se täytyy sitoa kuituihin. Lisäämällä kationisia yhdisteitä sulppuun hiukkasten varaukset voidaan poistaa, jolloin hiukkaset pääsevät lähelle toisiaan ja sitoutuvat toisiinsa. Mittaamalla koko sulpun hiukkasten varausten neutralointiin tarvittava positiivisen varauksen määrä voidaan arvioida tarvittava retentioaineen kulutus.

6.2 Kemiallinen hapenkulutus COD /20/

Kemiallista hapenkulutusta voidaan pitää teoreettisen hapenkulutuksen likimääräisenä mittana. Teoreettisella hapenkulutuksella tarkoitetaan sitä happimäärää, joka kuluu hapetettaessa kaikki näytteessä olevat orgaaniset yhdisteet epäorgaanisiksi lopputuotteiksi /38/. Mekaanista massaa raaka-aineenaan käyttävillä paperikoneilla nämä orgaaniset yhdisteet koostuvat pääasiallisia puun hiilihydraateista, ligniinistä ja uuteaineista peräisin olevista yhdisteistä.

6.3 Johtokyky /38/

Veden sähkönjohtavuus aiheutuu vedessä olevista ioneista. Se on riippuvainen lämpötilasta ja ionien sähkökemiallisista ominaisuuksista sekä dissosioituvien elektrolyyttien vahvuudesta, kuten myös niiden ja ionien pitoisuuksista. Veden sähkönjohtavuus on vakio-lämpötilassa sen ioniväkevyyden ja samalla elektrolyyttipitoisuuden funktio. Se on siten suhteellisen

tarkassa suhteessa kemiallisesti määritettävien anionien summaan ja tavallisesti myös liuenneiden kiinteiden aineiden määrään.

6.4 Sameus

Sameuden aiheuttavat vedessä liettyneenä olevat pienet hiukkaset aikaansaaden optisesti havaittavan, veteen kohdistuneen valon heijastus- ja pidättymisilmiön /38/. Sameus on kvalitatiivinen mitta, johon vaikuttavat useat eri tekijät /39/:

- hiukkasten materiaali,
- hiukkasten koko ja muoto,
- hiukkasten väri,
- nesteen väri,
- hiukkasten valontaitekerroin ja
- nesteen valontaitekerroin.

6.5 Hehkutusjäännös

Hehkutusjäännös ilmaisee epäorgaanisen aineksen määrän tutkitussa näytteessä. Paperikoneen kiertovesissä epäorgaanista ainesta ovat lähinnä alkali- ja maa-alkalimetallien suolat /23/.

7. MÄRKÄOSAN FYSIKOKEMIALLISEN TILAN MITTAUSMENETELMISTÄ

7.1 On-line-menetelmät

Nykyisin paperikoneen kuivaosa on erittäin pitkälle automatisoitu paperiradan ominaisuuksien valvonnan suhteen. Paperikoneen märkäosalla ei kuitenkaan ole vielä riittävästi jatkuvatoimista on-line -seurantaa, vaan seuranta tehdään tärkeimpien ominaisuuksien osalta useimmiten manuaalisesti laboratoriossa.

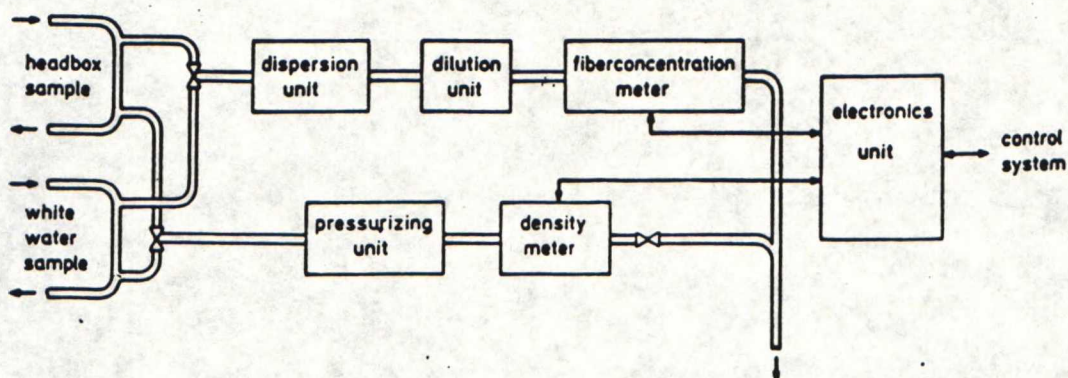
Suurimmat syyt märkäosan instrumentoinnin puutteeseen ovat seuraavat /40/:

- luotettavien antureiden puute,
- märkäosan kemian tuntemuksen ja ymmärryksen puute, paperitehdasmittakaavassa ja
- tehtaan johdon puutteelliset tiedot märkäosan kemian seurannan hyödyllisyydestä.

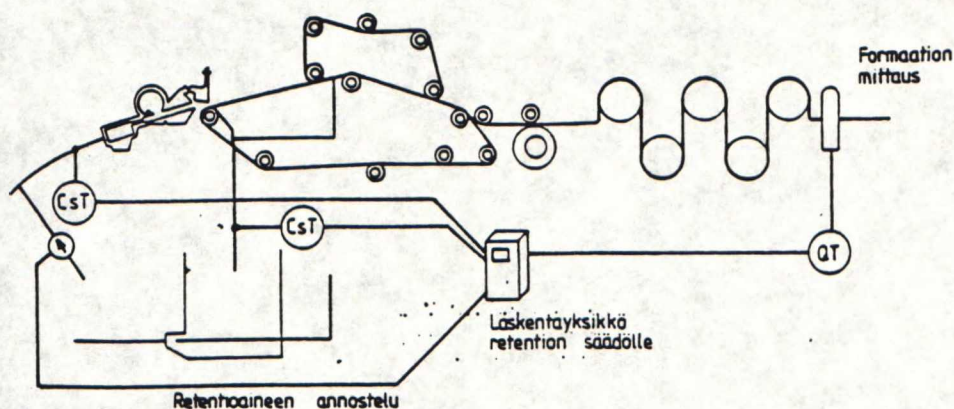
Märkäosan on-line -mittareita on kehitetty siten, että nykyisin voidaan paperikoneella mitata jatkuvatoimisesti virtausmäärää, painetta, säiliöiden pinnankorkeutta, lämpötilaa, sakeutta (ja sitä kautta retentioita), freenesiä, pH:ta sekä sähkönjohtavuutta /10,40,41/. Kuitenkin lisäksi pitäisi saada tietoa massan ionipitoisuudesta, kationitarpeesta, zeta-potentiaalista, mikrobiologisesta tilasta, hiukkasten pintavarauksesta ja kuituominaisuuksista /41/.

Paperikoneen märkäosan on-line-menetelmiä on kehitetty lähinnä retention säätöä silmällä pitäen. Lindström et al /42/ ovat esittäneet systeemiä, jossa kolloidititrausyksikkö liitetään yhteen retentionmittaussysteemin sekä retentionaaineen annostusyksikön kanssa (kuva 10). Tällöin kolloidititrausyksikkö rekisteröisi perälaattikkosulpun ja viiraveden kemiallisessa tilassa tapahtuvia muutoksia ja antaisi tiedon retentionaaineen liissämis- tai vähentämistarpeesta.

Kaunonen /43/ on puolestaan esittänyt idean on-line-formaatiomittauksen käytöstä retention säädössä. Formaatiomittauksesta indikoitaisiin retentionaaineen yliannostus ja muutettaisiin tarvittaessa retention asetusarvoa (kuva 11). Korpi on tutkinut työssään /19/ paperin pohjan ja retention välistä yhteyttä. Työssä käytettiin optista mittaria, eikä sen avulla saatu yhteyttä suureiden välille. Formaation on-line-mittauksessa olisi tärkeää, että formaatio pystyittäisiin mittaamaan absoluuttisesti, mutta nykyiset mittarit eivät siihen vielä pysty /43/.



Kuva 10. Kolloidititrausyksikkö yhdistettynä retention on-line-mittaussteemiin /42/.



Kuva 11. Formaation mittaus yhdistettynä retention on-line-mittausyksikköön /43/.

7.2 Manuaaliset mittausmenetelmät

Paperikoneen kiertoveden anionisuutta voidaan seurata esimerkiksi negatiivisten kolloidihiukkasten elektroforeettiseen liikkuvuuteen perustuvalla zeta-potentialimittauksella sekä titrausmenetelmällä, jossa negatiivinen varaus neutraloidaan vastaavalla määrällä positiivisesti varautunutta kolloidia. Casey /44/ ja Halabisky /45/ suosittavat käytöntarkkailussa anioni-

suuden mittaukseen zeta-potentiaalia, kun taas Neimon /3/ ja Strazdinsin /46/ mukaan zeta-potentiaali on hidas ja sen luotettavuus on huono, jos mitattavan sulpun sähkönjohtavuus on korkea.

Kolloidititrauksenkin kohdalla on ristiriitaisia mielipiteitä. Springerin ja Taggartin /47/ mukaan kolloidititraus ei reagoi kaikkiin massasulpun muutoksiin, ja heidän mielestään zeta-potentiaali on, siihen liittyvät rajoituksetkin huomioon ottaen, parempi mittari kokonaisvaraukselle kuin kolloidititraus. Neimo /3/ on puolestaan omissa tutkimuksissaan havainnut kolloidititrauksen olevan riittävän hyvä mittari anionisuuden määrittelyyn, ja Järvisen /37/ mukaan kolloidititraus onkin nykyään yleisimmin käytetty anionisuuden määrittämenetelmä.

Kemiallista hapenkulutusta (COD) mitattaessa käytetään yleisimmin hapettimena dikromaattia tai kaliumpermanganaattia. Kromaatilla hapetettaessa suurin osa orgaanisista yhdisteistä hapettuu 90-100 prosenttisesti, mutta sen käyttöön liittyy työsuojelullinen riski, joten sitä ei voida käyttää kaikissa olosuhteissa. Kaliumpermanganaatti on vaarattomampi hapetin, mutta sitä käytettäessä hapettumisaste jää usein paljonkin alle 100 % /38/.

Johtokyky mitataan erityisellä laitteella, johon kuuluu mittasilta vaihtovirtalähteineen ja nollakohdan ilmaisimineen sekä astia- tai uppoelektrodimallinen johtokykykenno /38/.

Sameus mitataan nykyisin optisilla sameusmittareilla, jotka mittaavat liettyneiden hiukkasten pidättämää valon määrää tai niistä heijastuneen valon voimakkuutta. Mittauslaitteiden optisissa systeemeissä on kuitenkin eroavuuksia, joten standardiksi valmistettujen liuosten sameudelle eri mittareilla voidaan saada erilaisia tuloksia /38/.

8. PÄÄLLYSTETYN HYLYN VAIKUTUS PAPERITEKNISIIN OMINAISUUKSIIN

Neimo /36/ ja Honkasalo /48/ ovat tutkineet laboratori-oarkkisarjoilla päällystetyn hyllyn vaikutusta paperiteknisiin ominaisuuksiin. Neimo käytti tutkimuksessaan puhtaasti puuvapaata massaseosta ja hyllyn osuutta hän simuloi käyttämällä massaseoksessa LWC-hyllyn pigment-tijaetta. Honkasalo puolestaan käytti massaseoksissaan tehdasprosessista otettua hioketta, sellua ja hylkyä.

Molemmat päätyivät tutkimuksissaan seuraaviin tulok-siin:

Hylkymäärän kasvaessa

- paperin tiheys kasvoi ja ilmanläpäisevyys pieneni,
- paperin opasiteetti kasvoi ja
- paperin veto- ja repäisyjuisuus heikkenivät.

Lisäksi Neimon tulosten mukaan paperin jäykkyys li-sääntyi hylkymäärän kasvaessa, ja Honkasalon tulosten mukaan paperin karheus lisääntyi vakiotiheystasolla.

9. KIRJALLISUUSOSAN YHTEENVETO

Kirjallisuuden avulla selvitettiin paperikoneen märkä-osan toimintaan vaikuttavia tekijöitä. Tarkastelu kes-kittyi retentioon ja siihen vaikuttavien häiriöaine-lähteiden selvittämiseen. Lisäksi tarkasteltiin eri retentiomekanismeja, retentioainetyyppejä ja -yhdis-telmiä, märkäosan mittausmenetelmiä sekä päällystetyn hyllyn vaikutusta paperiteknisiin ominaisuuksiin.

Paperikoneen märkäosan toiminnan hyvyyskriteerejä tar-kasteltaessa todettiin, että kyseisiä kriteerejä on vaikea saavuttaa samanaikaisesti. Stabiilisuus ja hal-littavuus ovat helposti tällainen toisilleen vastak-kainen pari. Mitään ehdottomasti oikeaa hyvyyskritee-

riluetteloa ei voida tehdä, vaan esitetyt kriteerit joudutaan asettamaan tärkeysjärjestykseen tapauskohtaisesti.

Retention hallinta on vaikeaa retention monimuuttujaluonteeseen vuoksi. Alhainen retentio ja etenkin retentiotason vaihtelut voivat aiheuttaa paperikoneen lyhyeen kiertoon vaihteluja, jotka vaikeuttavat koneen ajettavuutta. Asiasta esitettiin yksi tehdasesimerkki. Retentiotia pyritään muuttamaan haluttuun suuntaan retention parannusaineilla, jotka vaikuttavat massasuspension partikkelien välisiin voimiin. Retentioaineiden teho vaihtelee kuitenkin samallakin paperikoneella ajan mukaan riippuen muun muassa kiertovesien kemiallisesta tasapainotilasta ja kemiallisista häiriöistä.

Paperikoneen kiertovesijärjestelmään liuenneiden ja kolloidisten aineiden (LK-aineet) määrällä on suuri vaikutus retentioon. LK-aineet inaktivoivat retentioainemolekyylien reaktiivisia kohtia huonontaan täten retentiotia. LWC-paperin valmistuksessa paperikoneen kiertovesijärjestelmään tulevasta LK-aineesta suurin osa on peräisin mekaanisen massan valmistuksessa liuenneesta aineksesta sekä päällystetystä hylystä.

Kuumahierteen valmistus tuottaa enemmän LK-aineita kuin hiokkeen valmistus. Tämä johtuu hakkeen lämpö- ja kemikaaliesikäsittelystä kuumahierreprosessissa, jossa orgaanista ainesta liukenee lähes kaksi kertaa enemmän kuin hiokkeen valmistuksessa. Retention kannalta peroksidivalkaistu massa on ditioniittivalkaistua massaa ongelmallisempi, mikä johtuu vesilasin käytöstä peroksidivalkaisun yhteydessä. Peroksidivalkaisun aiheuttama LK-aineiden kokonaismäärä voi olla lähes kaksinkertainen ditioniittivalkaisun aiheuttamaan määrään verrattuna.

Päällystyshylyn mukana tuleva pigmentti on pienestä koostaan johtuen vaikeampi retentoida kuin normaali täyteainepigmentti. Anioniset päällystyspigmenttien

liettoon käytetyt dispergointiaineet lisäävät lisäksi pigmenttipartikkeleiden sähköstaattista varausta. Päälystyspastojen sideaineina käytetyt lateksipartikkelit pääsevät hylyssä helposti kasaantumaan, minkä seurauksena voi olla vaikeita saostumia (white pitch).

Paperikoneen kemiallisen tilan laboratorioseurantaan on olemassa riittävät menetelmät. Kuitenkin on-line-seurannan tärkeys korostuu sitä enemmän mitä pidemmälle paperikoneiden vesikiertoa suljetaan. Tällä hetkellä ei kuitenkaan vielä ole olemassa riittävän hyviä laitteistoja märkäosan kemiallisen tilan jatkuvatoimiseen seurantaan.

KOKEELLINEN OSA

10. KOKEELLISEN OSAN TAVOITTEET JA SUORITUS

Työn kokeellisen osan tavoite oli saada paperikonekoeajojen avulla selvä käsitys hylyn määrän ja laadun, massatärkkelyksen määrän sekä peroksidivalkaistun massan määrän vaikutuksista paperikoneen ajettavuuteen. Kriteereinä käytettiin koneen märkäosan fysikokemiallista tilaa, paperin reikien määrää sekä pohjapaperin paperitekniisiä ominaisuuksia.

Kokeellisessa osassa suoritettiin yksi seurantajakso, jonka aikana mitattiin laajasti kaikkien massakomponenttien sekä paperikoneen lyhyen kierron kemiallista tilaa. Näin saatiin yleistä tietoa eri massakomponenttien kemiallisen tilan tasosta ja vaihteluista. Tämän jälkeen suoritettiin kaksi hallittua koejaksoa, joista ensimmäisessä muutettiin hylyn ja massatärkkelyksen ja toisessa peroksidivalkaistun hiokkeen annostusta. Ensimmäisessä koejaksossa ajettavuuden kriteereinä olivat paperiradan vianetsijälaitteiston ilmaisemat paperin reiät, koneella esiintyneet katkot sekä pohjapaperin lujuudet ja formaatio.

11. PROSESSIKUVAUS

11.1 Paperikone

Rauma-Repola Oy:n Rauman paperitehtaan paperikone 1 on kiinteällä kengällä varustettu Valmetin Sym-Former R-tyyppinen kone, jolla valmistetaan puupitoisia, kevyesti päällystettyjä painopapereita on-machine-tekniikalla. LWC-paperin neliömassa vaihtelee alueella 54-65 g/m² pohjapaperin neliömassan vaihdellessa alueella 35-45 g/m². Täydentävinä lajeina valmistetaan korkeatuhkaista, puupitoista SC-offset- ja SC-syväpainopaperia samoin kuin pintaliimattua STP-offsetpaperia. Pääraaka-aineena käytetään tavallista kivihioketta ja täyteaineena kaoliinia.

Perälaatikko on Valmetin Sym-Flo-tyypin hydraulinen perälaatikko. Formerin perusosana on tasoviira, jonka vedenpostoeliminä ovat rintapöytä, yksi kolmifoilinen foililaatikko, kymmenen yksittäisfoilia sekä neljä vacufoil-märkäimulaatikkoo. Seuraavana on kaksoisviirakita ja kenkä, jonka kaarevuussäde on kolme metriä.

Muodostumispöydän jälkeen raina kulkee kahden viiran välissä neljän tasoimulaatikon yli imutelalle. Yläviira irtoaa rainasta kolmannen tasoimulaatikon kohdalla.

Paperikoneen puristinosa on Valmetin Sym-Press II-tyyppiä varustettuna neljännellä nipillä. Kuivatusosa jakautuu etu- ja jälkikuivatusosaan, joista etukuivatusosalla on viisi kuivatusryhmää ja 32 kuivatussylinteriä. Kolmella ensimmäisellä ryhmällä rainan vienti on toteutettu yksiviirasysteemillä.

Etukuivatusosan jälkeen ennen päällystysasemia on välikalanteri. Molemmilla asemilla on Valmetin Auto-Blade-tyypin lyhytviipymäpäällystimet sekä kaksi 2 MW:n infrapunakuivainta. Lisäksi ensimmäisellä asemalla on kolmas pienempitehoinen infrapunakuivain. Molempien asemien jälkeen on yksi kuivatusryhmä.

11.2 Hiomo

Paperikone 1:llä käytettävä hioke saadaan pääasiassa tehtaan 1-hiomolta, jossa on yhteensä kuusi hiomakiveä. Hiomakoneilta massa siirtyy tärysihdeille, joissa massasta erotetaan kaikkein karkein jae. Rejekti poistetaan rejektinkäsittelylinjalle.

Tämän jälkeen aksepti jatkaa kaksivaiheiseen Cowan-lajitteluun, jonka rejekti poistetaan Cowan-jälkilajittimeen. Jälkilajittimen aksepti palautetaan ykkösvaiheen syöttöön ja rejekti ohjataan rejektilinjalle. Cowan-lajittelun aksepti jatkaa neliportaiseen, kaskadi-kytkettyyn pyörrepuhdistukseen, jonka aksepti sakeutetaan ja rejekti poistetaan rejektilinjalle.

Lajittelun jälkeen massa saostetaan sakeamassatorneihin, joista se voidaan jakaa valkaisulinjalle. Valkaisematon ja valkaistu hioke sekoitetaan ja jauhetaan jälkijauhimella ennen annostelua konekyyppiin .

Kaikki 1-hiomon lajittelusta tuleva rejekti kerätään samaan linjaan, joka ohjataan tehtaan 2-hiomon rejektinkäsittelyyn ja edelleen 2-hiomon massavirtaan. 2-hiomon hioketta käytetään pääasiassa paperikone 2:lla.

11.3 Kiertovesijärjestelmä

Kuvassa 12 on esitetty paperikone 1:n kiertovesijärjestelmä pääperiaatteiltaan. Kiertovesijärjestelmä on melko pitkälle suljettu, päällystettyä paperia valmistettaessa ominaisvedenkulutus on 10-12 m³/t pohjapaperia. Tässä luvussa on mukana vain massajärjestelmään tuleva kemiallisesti puhdistettu vesi.

Normaalin ajon aikana systeemiin tulee korvausvedeksi kemiallisesti puhdistettua vettä paperikoneen lämmin-veisisäiliöön. Viirakaivon ylijuuksu johdetaan lukkoveisisäiliöön, josta vesi johdetaan joko paperikone 1:n O-veisisäiliöön tai paperikone 1:n O-vesiakkuun. Pape-

rikoneen O-vesisäiliöön vesi voidaan ajaa joko O-vesisuotimen kautta tai suoraan, kun taas O-vesiakkuun vesi ajetaan aina suotimen kautta.

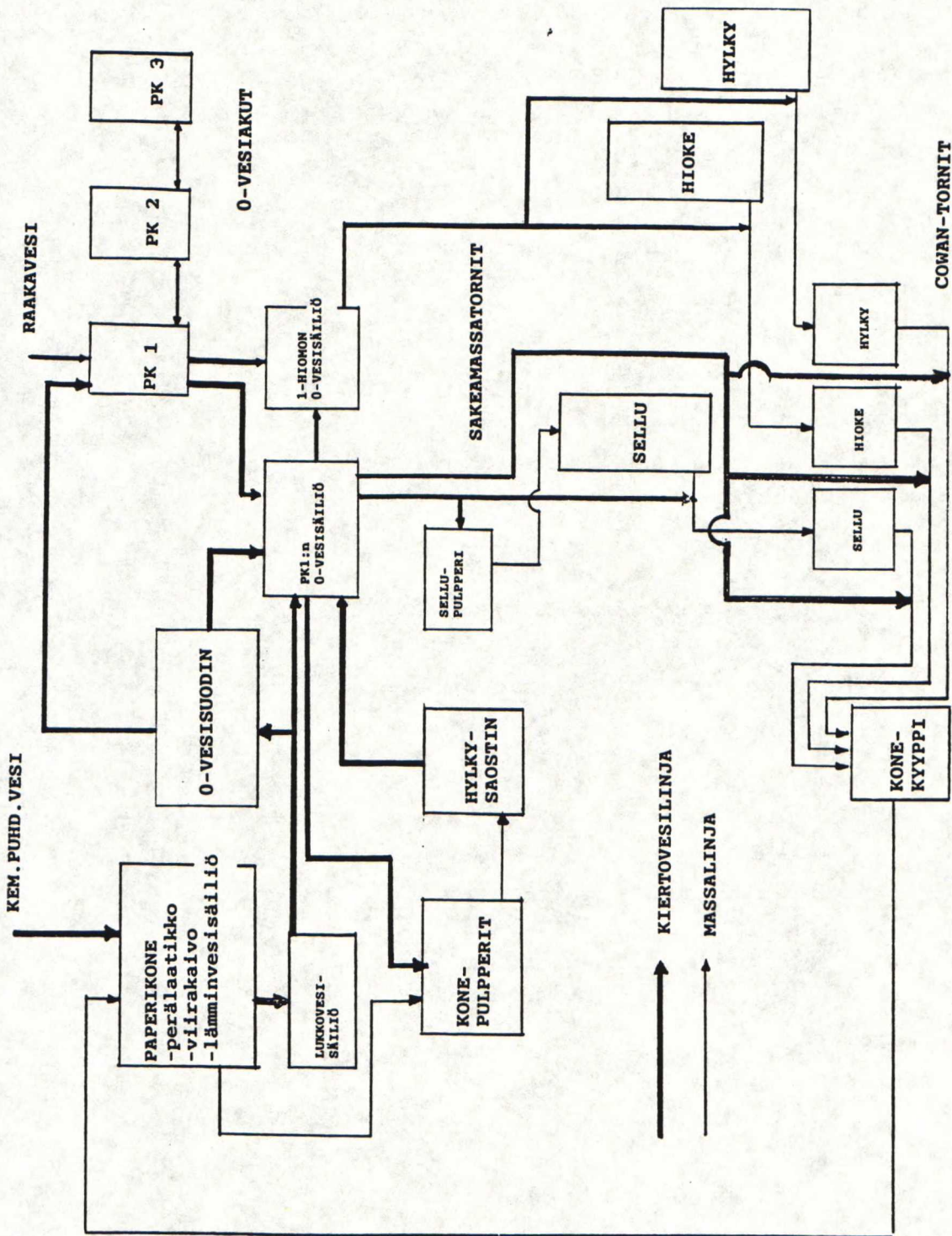
Rauman tehtaan kaikkien kolmen paperikoneen vesikierron ovat toisiinsa yhteydessä siten, että koneiden O-vesiakut on yhdistetty putkilla. 1-hiomon vesikierto on puolestaan yhteydessä paperikone 1:n vesikiertoon siten, että 1-hiomon O-vesisäiliöön otetaan korvausvettä paperikone 1:n O-vesisäiliöstä tai O-vesiakusta. Lisäksi 1-hiomon O-vesisäiliön vettä käytetään paperikone 1:lle menevän hiokkeen ja hyllyn sakeamassatornien purkaukseen.

Paperikone 1:n O-vesisäiliön vettä käytetään sellun sakeamassatornin purkaukseen, Cowan-torneista tulevien hiokkeen, sellun ja hyllyn laimennukseen sekä sellupulpperin ja paperikoneen pulppereiden laimennusvetenä. Konepulppereilta tuleva hylky saostetaan, ja saostimelta johdetaan kirkas suodos takaisin paperikoneen O-vesisäiliöön.

Mikäli O-vesiakusta uhkaa loppua vesi, joudutaan tällöin ottamaan raakavettä prosessiin. Raakavesi johdetaan O-vesiakkuihin.

11.4 Hylkysysteemi

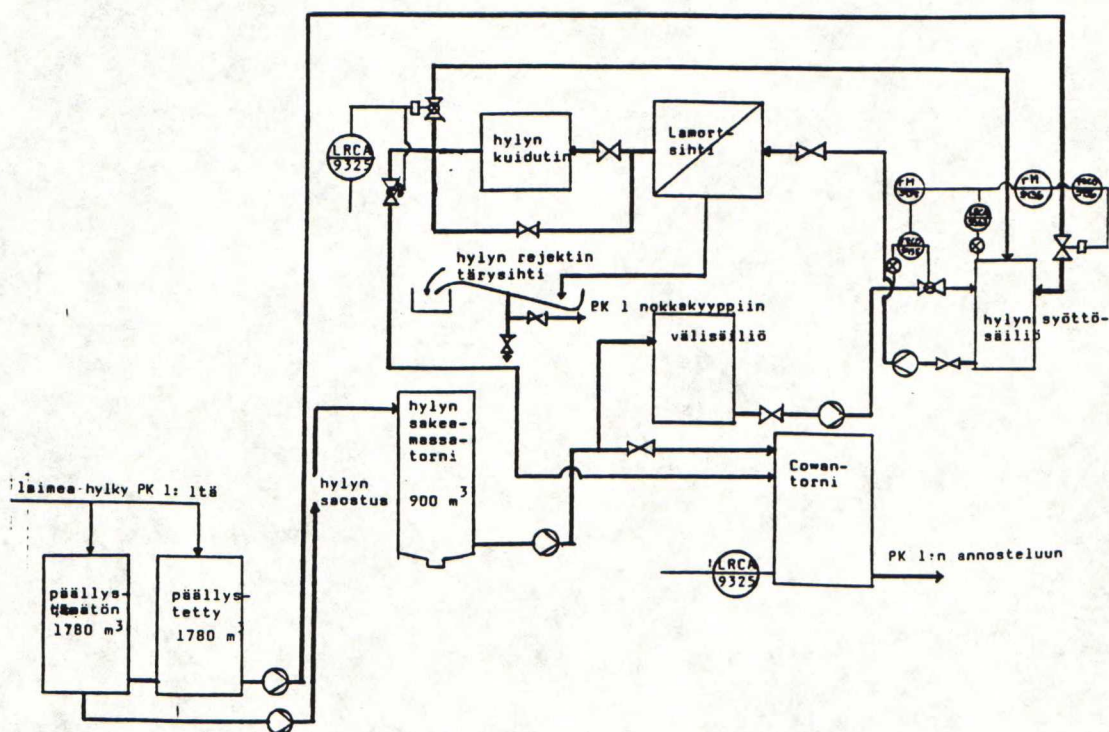
Kuvassa 13 on esitetty paperikone 1:n hylkysysteemi. Paperikoneelta tuleva hylky ajetaan laimean hyllyn säiliöihin (2 kpl), joista hylkyä voidaan joko saostaa tai ajaa suoraan hyllyn syöttösäiliöön. Hyllyn ajo perustuu siihen, että laimean hyllyn säiliöiden ja hyllyn sakeamassatornin pinta pidetään riittävän alhaalla katkojen varalta. Tällöin laimeaa hylkyä ajetaan sekä saostukseen että suoraan hyllyn syöttösäiliöön tilanteen mukaan. Sakeamassatornissa hyllyn sakeus on noin 12 %, josta se laimennetaan välisäiliön 3,5-4,0 %:n sakeuteen. Edelleen sakeus laketaan noin 2,5 %:in hyllyn syöttösäiliötä varten. Syöttösäiliön sakeus riippuu annostelusuhteesta laimea hylky/sakea hylky, joten



Kuva 12. Paperikone 1:n kiertovesijärjestelmän pääperiaate.

hylvyn käsittelyyn menevän massasulpun sakeus voi vaihdella paljon. Tilanteessa, jossa koneella on pitkä katko ja laimean hylvyn säiliöt ovat täynnä, laimean hylvyn annostelua joudutaan lisäämään, jolloin myös syöttösäiliön sakeus laskee /12/.

Hylvyn kuidutin on asennettu lajittelun kanssa sarjaan. Tällöin kuiduttimen läpi kulkee yhtä suuri virtaus kuin Lamort-painesihtin läpi. Painesihtiiä pyritään ajamaan vakiovirtausmäärällä, jolloin paperikoneen hylkyannostelusta riippumatta kuiduttimen läpi joudutaan ajamaan suhteellisen vakiona pysyvä massavirta, eli kuiduttimen teräväliä ei päästä muuttamaan. Cowan-tornin pinnan säädöllä ohjataan kuiduttimelta tulevaa massavirtaa joko kierrätykseen takaisin syöttösäiliölle tai Cowan-tornille, josta edelleen paperikoneen annosteluun. Nykyisellä 2,5 %:n sakeudella kuiduttimelle tuleva massavirta kasvaa liian suureksi, jolloin kuiduttimen teriä joudutaan pitämään täysin auki. Tällöin kuitukimppujen hajoamisen todennäköisyys pienenee varsinkin hylkyannostelun ollessa suuri /12/.

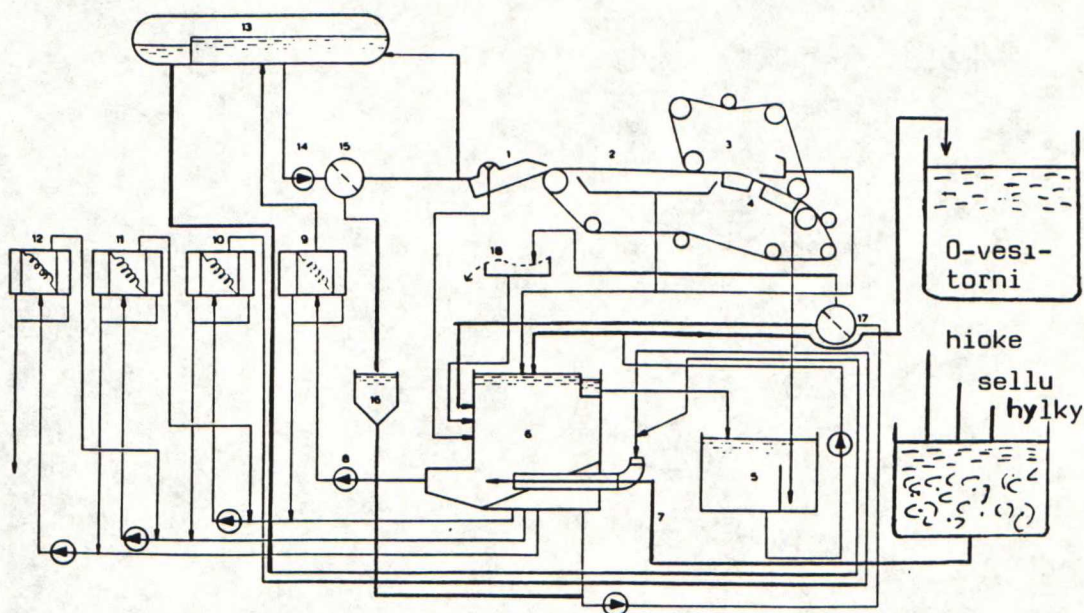


Kuva 13. Paperikone 1:n hylkysysteemi.

12. NÄYTTEIDEN OTTO JA KÄSITTELY

12.1 Näytteenottopaikat

Kuvassa 14 on esitetty paperikone 1:n lyhyt kierto, josta ilmenevät yhtä lukuunottamatta kaikki työn näytteenottopaikat. Kyseiset paikat olivat konesäiliöön tulevat hiokkeen, sellun ja hyllyn annosteluputket, konesäiliö, perälaatikko, viirakaivo, paperikoneen O-vesisäiliö sekä kuvan ulkopuolelta hiomon O-vesisäiliö. Näytteiden määrät vaihtelivat kokeellisessa osassa siten, että seurantajaksossa otettiin kaikki edellä mainitut massa- ja kiertovesinäytteet, ja molemmissa koejaksoissa keskityttiin pelkästään hylkyyn, perälaattikkosulppuun ja viiraveteen.



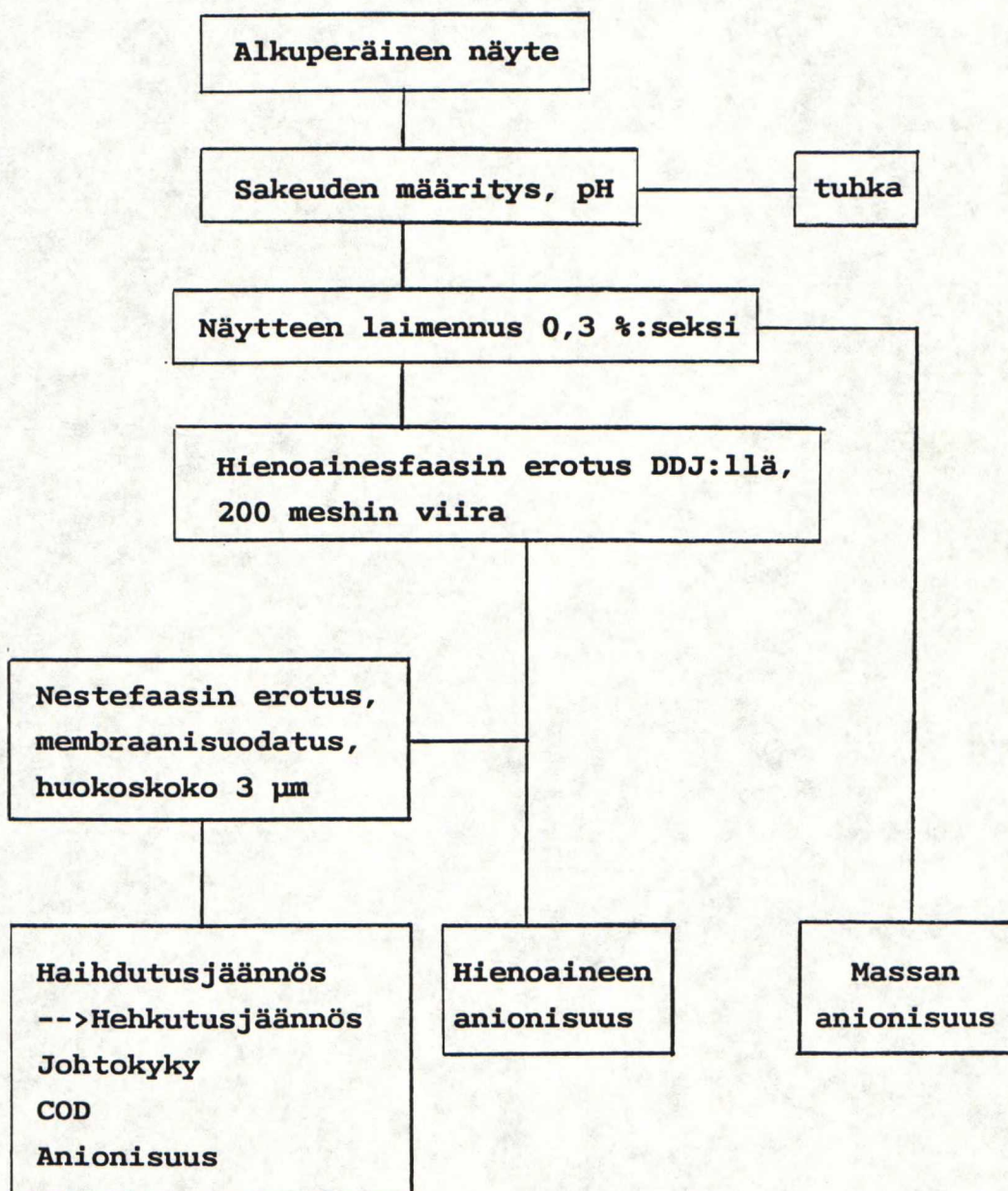
Paperikoneen lyhyen kierron virtauskaavio

1. Perälaatikko, 2. Tasoviiraosa, 3. Yläviira, 4. Tasoimulaatikot, 5. Imulaatikkosäiliö, 6. Viirakaivo, 7. Sakeamassa, 8. Sekoituspumppu, 9. 1. pyörrepuhdistusvaihe, 10. 2. pyörrepuhdistusvaihe, 11. 3. pyörrepuhdistusvaihe, 12. 4. pyörrepuhdistusvaihe, 13. Ilmanpoisto, 14. Perälaatikon syöttöpumppu, 15. Primaarisihdit, 16. Rejektin keräilysäiliö, 17. Sekundaarisihdi, 18. Tärysihti.

Kuva 14. Paperikone 1:n lyhyt kierto.

12.2 Näytteiden käsittely

Näytteet käsiteltiin kuvassa 15 esitetyn analysointikaavion mukaan. Kaaviota sovellettiin eri näytteiden ja seuranta-/koejaksojen osalta siten, että seuranta-jaksossa ei tehty hienoainesfaasin erottelua paperiko-keen ja hiomon 0-vesille. Lisäksi molemmissa koejak-soissa sekä hienoaines- että nestefaasin anionisuus-määrittäminen jätettiin pois samoin kuin toisen koejakson hehkutusjäännöksen määrittäminen. Käytetyt analyysime-netelmät on esitetty liitteessä 1.



Kuva 15. Näytteiden analysointikaavio.

Näytteiden laimennuksessa pyrittiin pääsemään sakeustasolle, jossa anionisuuden mittaaminen kolloidititrauksella suoraan sulpusta olisi luotettava. Anionisuutta väri-indikaattorimenetelmällä mitattaessa esimerkiksi hyllyn tyypillinen harmaa väri vaikeuttaa titrauksen loppupisteessä tapahtuvan värimuutoksen havaittavuutta, jos sulpun sakeus on korkea. Koska tuloksia kuitenkin haluttiin käsitellä näytteiden alkuperäissakeudessa, saadut tulokset ekstrapoloitiin alkuperäissakeuden tasolle hehkutusjäännöksen, johtokyvyn sekä COD:n osalta. Tällöin niiden arvojen oletettiin olevan lineaarisesti riippuvaisia sakeudesta /49/. Anionisuuden arvoja ei voitu ekstrapoloida, sillä anionisuus ei riipu lineaarisesti sakeudesta /50/.

Kuvan 15 mukaisen analyysikaavion avulla voitiin saada selville, missä faasissa (kuitu, hienoaaines, neste) eri näytteiden anionisuuteen vaikuttava häiriöainekse on.

13. SEURANTAJAKSO

13.1 Tavoite

Seurantajakson tavoitteena oli saada yleistä tietoa eri massakomponenttien ja kiertovesien kemiallisen tilan tasosta ja vaihteluista sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retention välisistä yhteyksistä.

13.2 Seurantajakson yleiskuvaus

Seuranta tehtiin 11.1.-21.1. 1990 välisenä aikana. Tutkimuksen kohteena olivat siis kaikki massakomponentit (hieke, sellu ja hylky), konekyyppimassa, paperikoneen ja hiomon 0-vesi, perälaatikkosulppu sekä viiravesi. Näytteet otettiin kerran vuorokaudessa ja ne analysoitiin kuvan 15 mukaisesti. Näytteet saatiin joka päivä lukuunottamatta päivää 15.1., jolloin puristinuovanvaihtoseisakki (4h) esti näytteiden oton.

Ensimmäiset näytteet otettiin tilanteessa, jossa lajinvaihdosta (SC --> LWC) oli kulunut 11 tuntia. Seurantajakson alusta asti koneen ajettavuus oli melko huono. Katkoja esiintyi paljon, mikä piti hylkyannostuksen korkealla sekä säiliöissä olevan hyllyn pääasiassa päällystämättömänä koko seurantajakson ajan.

Seurantajakson yksityiskohtaiset ajo-olosuhteet on esitetty liitteessä 2.

13.3 Tulokset johtopäätöksineen

Alkuperäiset mittaustulokset ovat liitteessä 3.

13.3.1 Tutkittujen näytteiden kemiallinen tila seurantajakson aikana - aikasarjat

Liitteessä 4 on esitetty hiokkeen, sellun, hyllyn sekä paperikoneen ja hiomon 0-veden eri ominaisuuksien aikasarjat seurantajakson aikana sekä kuvissa 16-19 vastaavat perälaatikkosulpun, viiraveden ja konekyyppimassan aikasarjat.

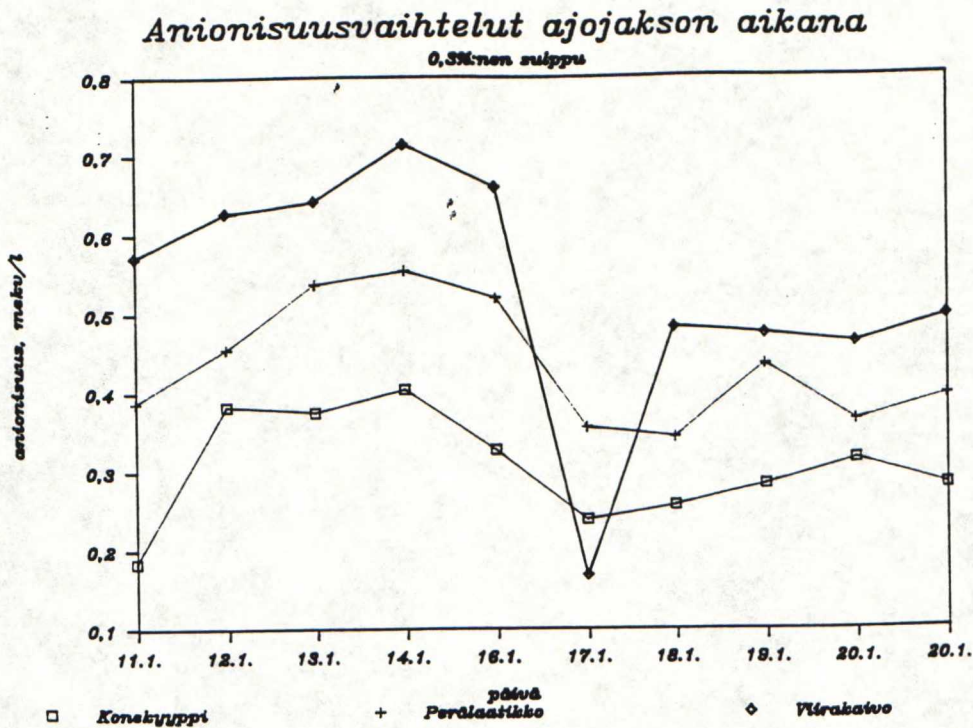
Hiokkeen, sellun, hyllyn ja 0-vesien aikasarjat olivat hyvin vaihtelevia sekä COD- että hehkutusjäännösarvojen suhteen läpi koko seurantajakson. Sen sijaan anionisuus- ja johtokykyarvot vaihtelivat huomattavasti loivemmin (liite 4). Hyllyn anionisuustaso laski hieman (tasolta 0,4 tasolle 0,3 mekv/l) jakson aikana johtuen ilmeisesti siitä, että jakson alussa hyllyn sakeamassa säiliö oli täynnä täyteainepitoisuudeltaan korkean SC-paperin hylkyä. Täyteaineiden anioniset dispergointiaineethan nostavat osaltaan massasulpun anionisuutta /31/. Jakson aikana koneelle ei annosteltu lainkaan tuoretta täyteainetta, vaan pohjapaperissa tarvittava täyteaine saatiin hyllyn mukana. Näin ollen hyllyn tuhkapitoisuus laski jakson aikana. Tämä on nähtävissä myös alkuperäisissä mittaustuloksissa liitteessä 3. Hylky oli lisäksi pääasiassa päällystämätöntä läpi koko seurantajakson, minkä vuoksi vertailuja päällystetyn ja päällystämättömän hyllyn välillä ei voitu

tehdä. Valtaosa katkoajasta kului päännviemiseen ensimmäisen päällystysaseman läpi, jolloin koneelta tuleva hylky oli päällystämätöntä. Myöskään syntynyttä rulla-hylkyä ei pulperoitu jakson aikana.

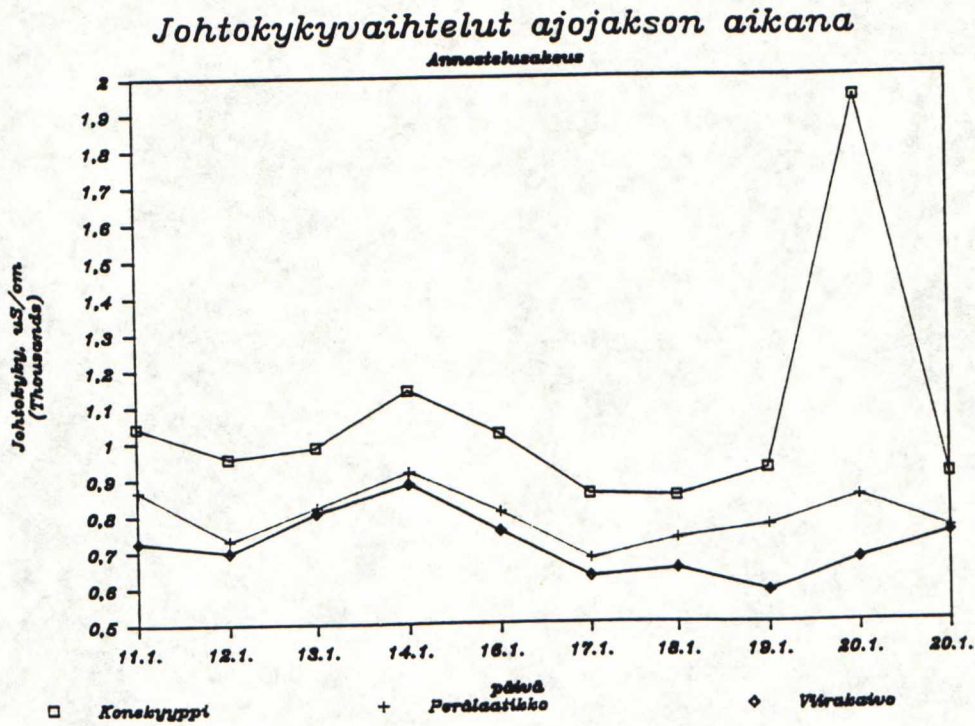
Anionisuuden kohdallahan ei voitu tehdä vertailuja eri massakomponenttien välillä johtuen massojen eri laimennussuhteista, mutta COD-, johtokyky- ja hehkutusjäännöstulosten perusteella voidaan sanoa, ettei päällystämätön hylky ollut näiden ominaisuuksien osalta hiokeutta tai sellua haitallisempi. On kuitenkin muistettava, että jo kertaalleen suotautetun massan mukana on paperikemikaaleja (lähinnä retentio- ja dispergointiaineet), jotka muuttavat kuidun ja hienoainepartikkelin pintaominaisuuksia, jolloin tällainen massa ei käyttäydy samalla tavalla kuin tuore massa /33/. Nämä muutokset partikkelien pintaominaisuuksissa eivät välttämättä tule esille tässä työssä käytetyin analyysimenetelmin.

Kuvien 18 ja 19 perusteella voidaan todeta, että konekyyppimassan COD- ja hehkutusjäännösarvojen vaihtelut näkyivät selvästi perälaatikkosulpun arvoissa, mutta viiraveden vastaavat arvot pysyivät suhteellisen tassaaisina. Tämä viittaa siihen, että massasulpun orgaaninen ja epäorgaaninen aines olisi retentoitunut raiinaan hyvin. Sitä vastoin viiraveden anionisuus- ja johtokykyarvot (kuvat 16 ja 17) seuraavat selkeästi konekyyppimassan vastaavia arvoja. Tulosten perusteella massasulpun anionisen aineksen retentoituminen olisi tärkeää paperikoneen kiertoveden kemiallisen tilan kannalta. Tätä vahvistavat kuvan 22 kokonaisretentioikäyrä sekä taulukossa 5 esitettävät korrelaatiot perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retention välillä.

Kuvien 16 ja 19 käyrissä oleva terävä, alaspäin suuntautunut piikki johtui siitä, että kyseisenä aamuna (17.1.90) koneella oli ollut huovanvaihtoseisakki, minkä jälkeen koneen lyhyt kierto ei vielä ollut ehtinyt stabiloitua normaalille tasolle.

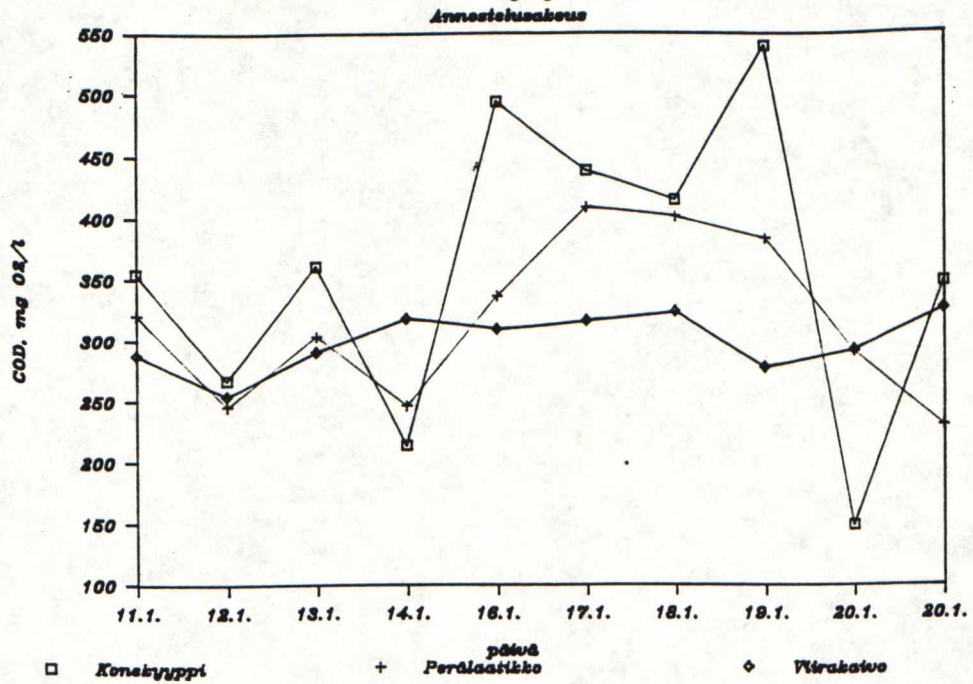


Kuva 16. Konekyypimassan, perälaatikkosulpun ja viiraveden anionisuusvaihtelut seurantajakson aikana.



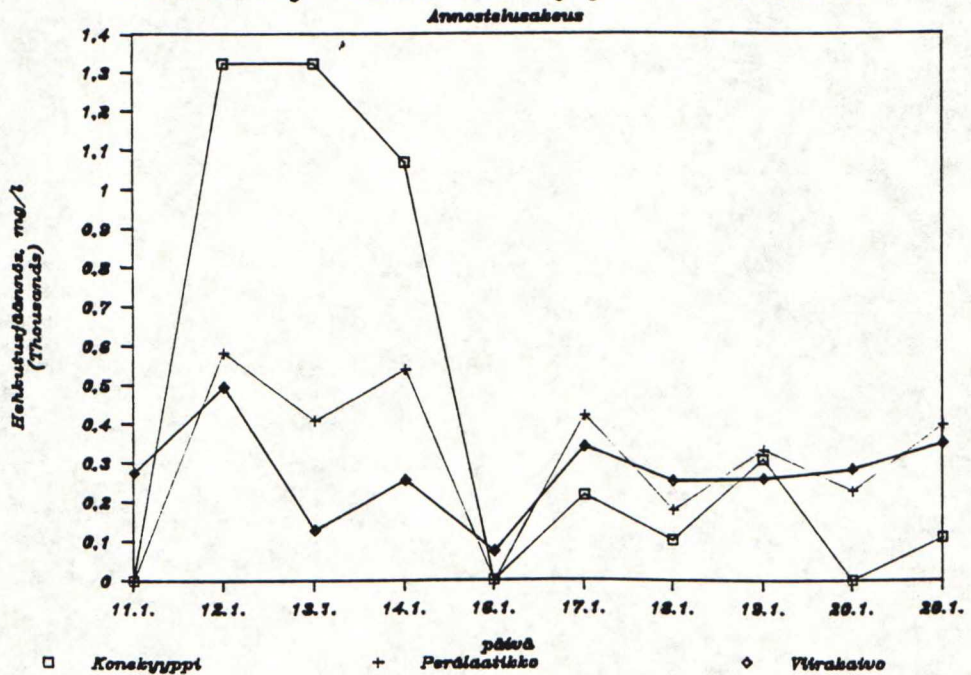
Kuva 17. Konekyypimassan, perälaatikkosulpun ja viiraveden johtokykyvaihtelut seurantajakson aikana.

COD-vaihtelut ajojakson aikana



Kuva 18. Konekyyppimassan, perälaatikkosulpun ja viiraveden COD-vaihtelut seuranta-jakson aikana.

Hekikutusj.-vaihtelut ajojakson aikana



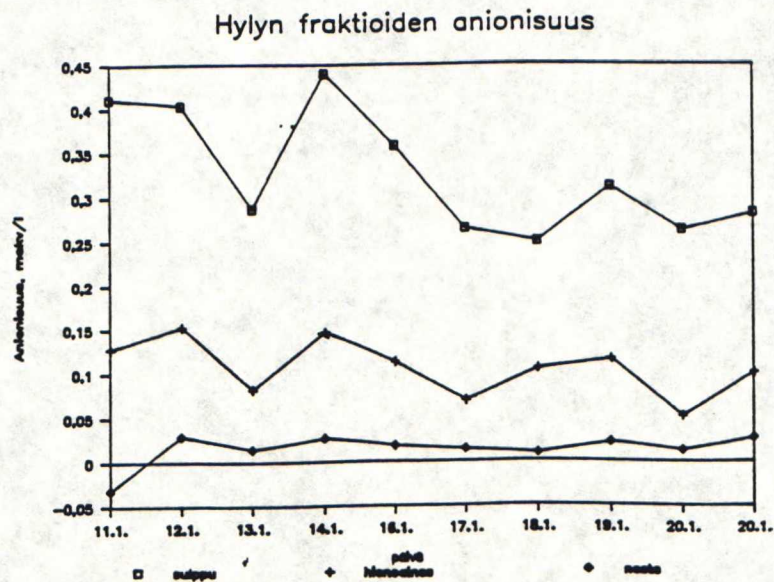
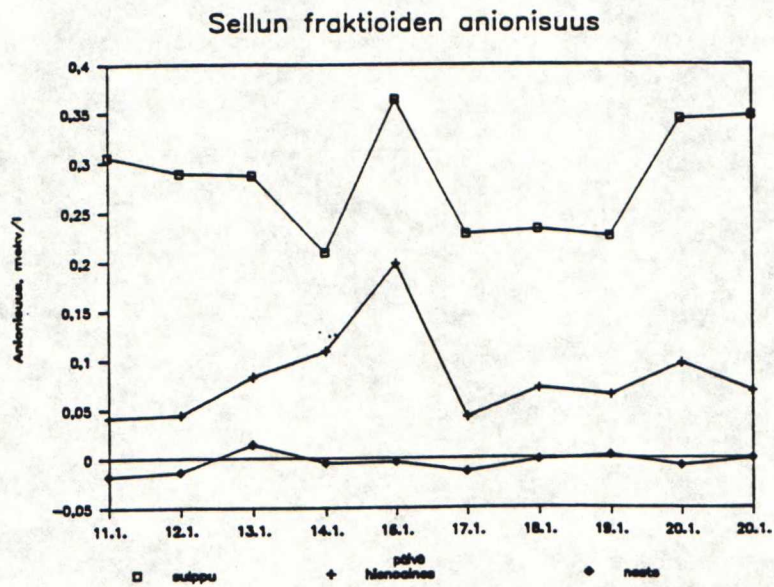
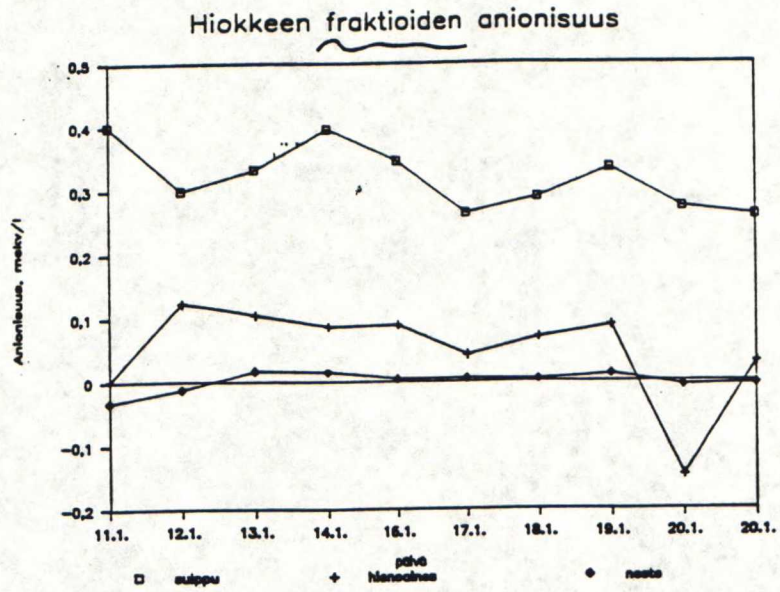
Kuva 19. Konekyyppimassan, perälaatikkosulpun ja viiraveden heikutusjäännösvaihtelut seuranta-jakson aikana.

13.3.2 Anionisuuden jakautuminen eri faaseihin tutkituissa näytteissä

Kuvassa 20 on esitetty anionisuuden jakautuminen eri faaseihin (kuitu, hienoaines, neste) massakomponenteissa sekä kuvassa 21 vastaavat tiedot konekyyppimassan, perälaatikkosulpun ja viiraveden osalta. Kuvissa kuitufaasin osuutta kuvaa sulppu- ja hienoaineskäyrän välinen ala ja vastaavasti hienoainesfaasin osuutta hienoaines- ja nestekäyrän välinen ala.

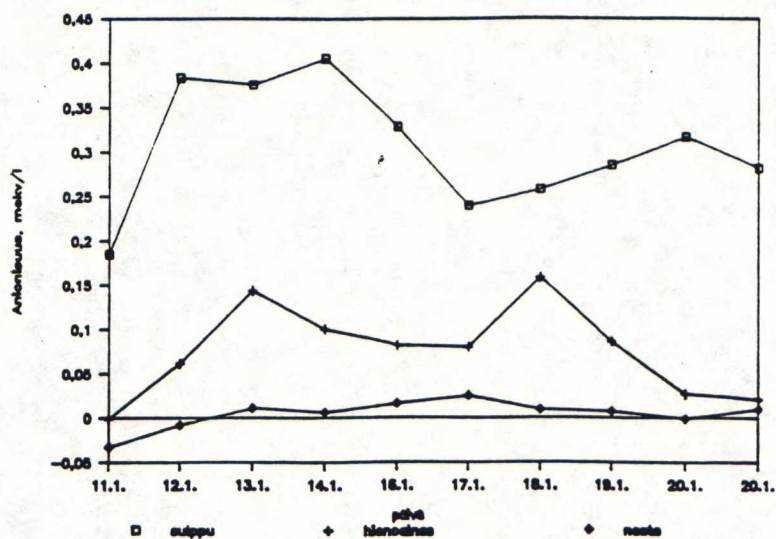
Kaikilla massakomponenteilla selvästi suurin osa anionisuutta aiheuttavasta aineksesta on sitoutunut kuituun, mutta myös hienoaineksen anionisuus on merkittävä (25-30 % kokonaisanionisuudesta). Myös konekyyppimassassa, perälaatikkosulpuissa ja viiravedessä anioninen aines on jakautunut samalla tavalla faasien kesken viiraveden hienoaineksen osuuden korostuessa entistään (noin 40 % kokonaisanionisuudesta). Kuiduillahan vallitsevana retentiomekanismina on mekaaninen retentio, joten kuituretentiossa massasulpun anionisuudella ei ole niin tärkeää roolia kuin hienoainesretentiossa, jossa retentoituminen tapahtuu flokkausmekanismien avulla.

Koska hienoaineksen anionisuuden osuus kokonaisanionisuudesta on merkittävä, hienoainesretentioon täytyy kiinnittää huomiota erityisesti silloin, kun massan kokonaisanionisuus on korkea (peroksidivalkaaisu, päällystetty hylky) tai kun paperikoneelle annostellaan paljon runsashienoaineista massaa. Mikäli hienoainesretentio saadaan näissä tapauksissa kuntoon, kasautumien syntymisen todennäköisyys kiertovesissä pienenee ja paperikoneen ajettavuus säilyy hyvänä.

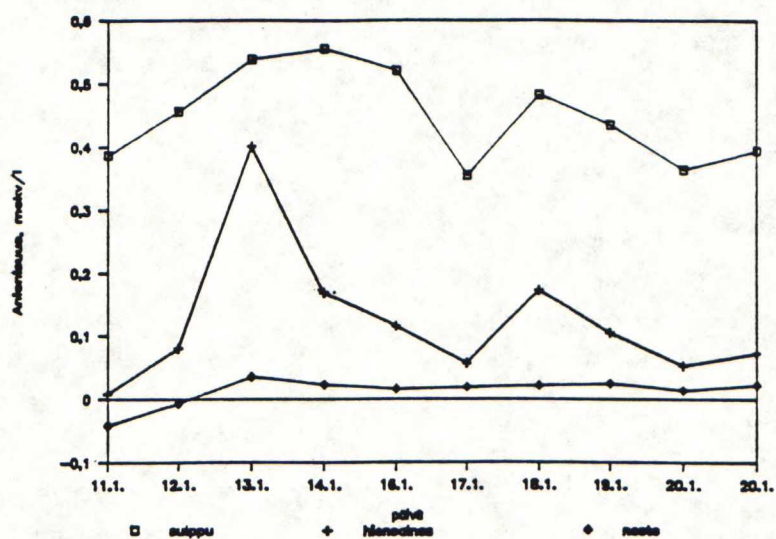


Kuva 20. Anionisuuden jakautuminen eri faaseihin tutkituissa hioke-, sellu- ja hylkynäytteissä.

Konekyypin fraktioiden anionisuus



Perälaatikon fraktioiden anionisuus



Viirakaivon fraktioiden anionisuus

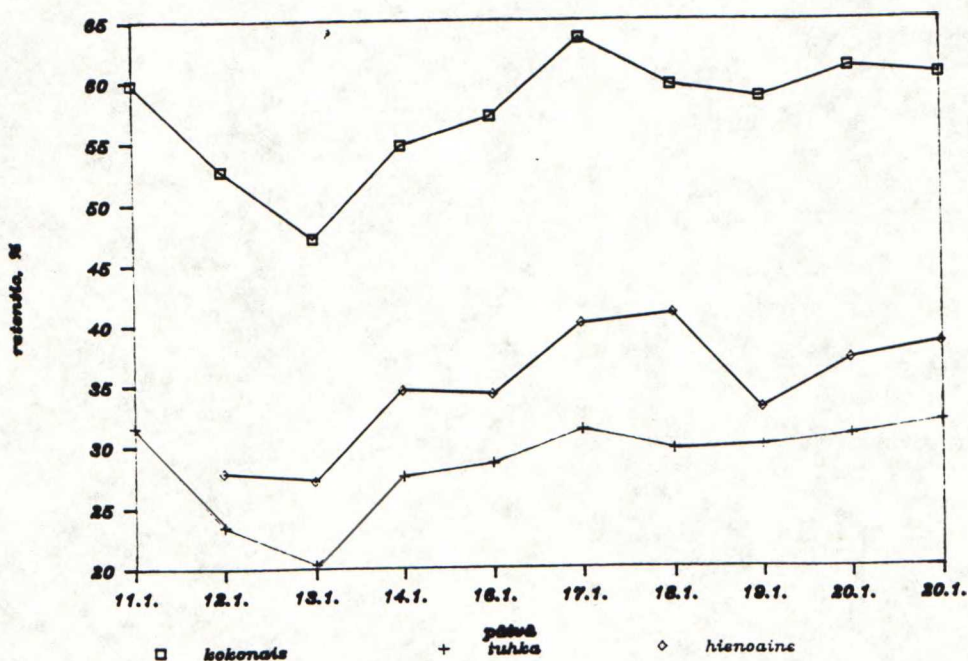


Kuva 21. Anionisuuden jakautuminen eri faaseihin tutkituissa konekyypimassa-, perälaatikkosulppu- ja viiravesinäytteissä.

13.3.3 Retentiovaihtelut seurantajakson aikana sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien korrelaatio kokonaisretention kanssa

Kokonais-, tuhka- ja hienoainesretention laskemisessa käytetyt kaavat on esitetty liitteessä 1. Hienoaines sisälsi sekä kuituhienoaineen että täyteaineen.

Kuvasta 22 ja taulukosta 5 havaitaan sekä tuhka- että hienoainesretention korreloivan erittäin hyvin kokonaisretention kanssa. Hienoaineoksen osalta tämä on johdonmukainen tulos, sillä seurantajakson aikana perälaatikkosulpun hienoaines-% oli korkea (55-65 %, liite 3). Kokonaisretention kannalta hienoainesretention rooli on siten merkittävä, ja kuten edellä todettiin, merkittävyys kasvaa sitä enemmän mitä suurempi on massan kokonaisanionisuus.



Kuva 22. Kokonais-, tuhka- ja hienoainesretentiot seurantajakson aikana.

Tuhka- ja hienoainesretention sekä mitattujen perälaattikkosulpun ominaisuuksien arvoja vertailtiin kokonaisretentioarvoihin tekemällä korrelaatioanalyysit SURVO-ohjelmiston ESTIMATE-proseduurilla, joka laskee tekijöiden kahdenvälistä lineaarista riippuvuutta. Saatujen korrelaatiokertoimien tilastollinen merkitsevyys testattiin t-testillä /51/. Tulokset korrelaatioanalyysistä ovat taulukossa 5. (Liitteessä 5 on taulukoituna korrelaatiokertoimien tilastollisen merkitsevyyden rajat muutamalla havaintojen lukumäärällä.)

Taulukko 5. Tuhka- ja hienoainesretention sekä perälaattikkosulpun ominaisuuksien korrelaatiot kokonaisretention kanssa seurantajakson aikana.

OMINAISUUS	R	n
Hienoainesretentio	0,887***	9
Tuhkaretentio	0,960***	10
Anionisuus	-0,758**	10
COD	0,401	10
Hehkutusjäännös	-0,361	10
Johtokyky	-0,237	10
Hienoaines-%	-0,854**	10
Sakeus	-0,748**	10
pH	-0,211	10

*** korrelaatio tilastollisesti erittäin merkitsevä
(99,9 %:n luotettavuustaso)

** korrelaatio tilastollisesti merkitsevä
(99 %:n luotettavuustaso)

* Korrelaatio tilastollisesti melkein merkitsevä
(95 %:n luotettavuustaso)

Perälaatikkosulpun kemiallisista ominaisuuksista ainoastaan anionisuus korreloi kokonaisretention kanssa.

14. KOEJAKSO 1

14.1 Tavoite

Koejakson tavoitteena oli selvittää päällystetyn hyllyn ja massatärkkelyksen annostelumäärän vaikutus viiraveden kemialliseen tilaan, paperin reikien määrään sekä pohjapaperin paperitekniisiin ominaisuuksiin ja tätä kautta paperikoneen ajettavuuteen. Lisäksi selvitettiin päällystetyn ja päällystämättömän hyllyn kemiallisissa ominaisuuksissa olevia eroja.

14.2 Koejakson yleiskuvaus

Koesarjat tehtiin 24.2.-2.3.1990 (hylkykoesarja) ja 5.3.-7.3.1990 (massatärkkelyskoesarja) välisinä aikoina. Näytteet otettiin hylkykoesarjan aikana hyllyn annostelusta, perälaatikosta ja viirakaivosta sekä tärkkelyskoesarjan aikana perälaatikosta ja viirakaivosta. Näytteet käsiteltiin kuvan 15 analysointikaaviota soveltaen siten, että hienoaines- ja nestefaasin anionisuusmääritykset jätettiin pois. Lisäksi hylkykoesarjan aikana tehtiin perälaatikkosulpusta DKM-uutemääritys (analyysimenetelmä liitteessä 1). Näytteet otettiin koejakson aikana pääasiassa kolme kertaa vuorokaudessa.

Ensimmäiset näytteet otettiin tilanteessa, jossa lajinvaihdosta (SC --> LWC) oli kulunut 13 tuntia. Tällöin hyllyn sakeamassatornissa ollut hylky oli vielä päällystämätöntä. Jakson edetessä ja koneen ajettavuuden ollessa hyvä sakeamassatornin hylky vaihtui päällystetyksi varsin nopeasti.

Koneella ajettiin miltei koko hylkykoesarjan ajan offset-lajeja. Aivan koesarjan lopussa (2.3.) koneella oli syväpainopaperiajo. Koesarjaa häiritsi juuri ennen syväpainoaajoa ajettu erikoisvaalea laji, jolloin hioketta valkaistiin suurella määrällä Borol-valkaisuliuosta. Tätä tilausta ajettiin vuorokausi (1.3.), jolloin näytteet otettiin normaalisti, mutta saatuja tuloksia ei käsitelty täysmittaisesti. Hylkykoesarjan mittauksia jatkettiin 16 tuntia Borol-annostelun loppumisen jälkeen.

Tärkkelyskoesarjan aikana koneella ajettiin koko ajan samaa offset-lajia. Lisäksi sekä retentioaine- että hylkyannostus pidettiin vakioina.

Hylkykoesarjan yksityiskohtaiset ajo-olosuhteet on esitetty liitteessä 6. Valitettavasti tärkkelyskoesarjan yksityiskohtaiset ajo-olosuhteet jäivät kirjaamatta inhimillisen erehdyksen vuoksi.

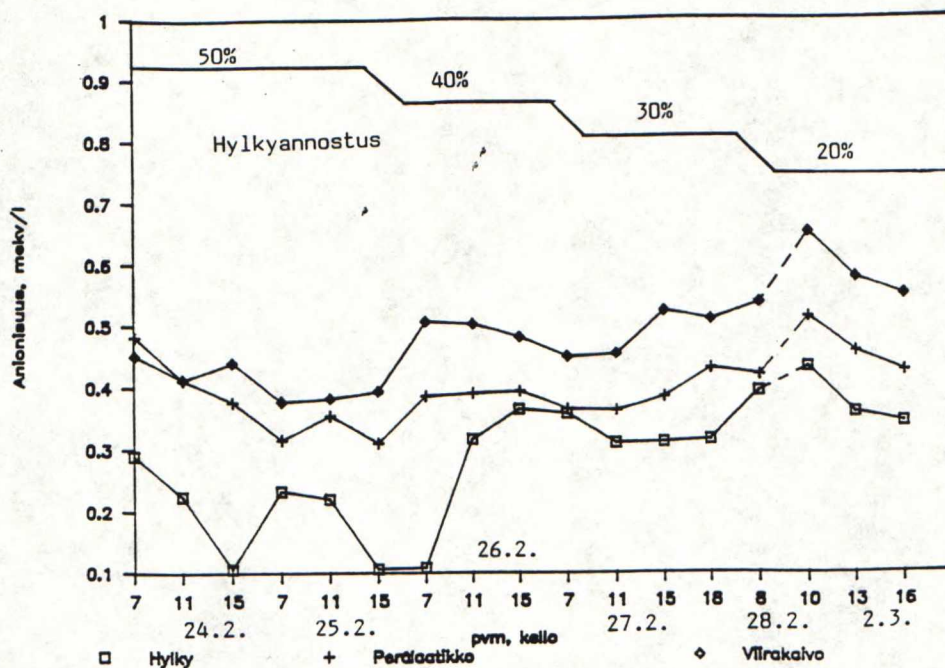
14.3 Hylkykoesarjan tulokset johtopäätöksineen

Alkuperäiset mittaustulokset ovat liitteessä 7.

14.3.1 Hylyn määrän vaikutus paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan, päällystetyn ja päällystämättömän hylyn kemiallisten ominaisuuksien vertailu

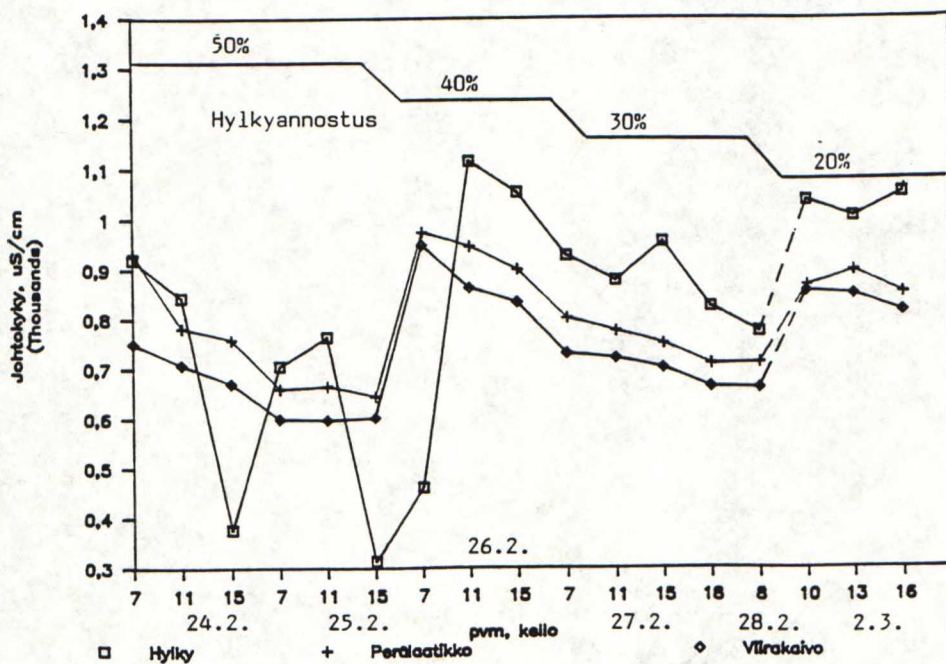
Kuvissa 23-26 on esitetty hylyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden eri ominaisuuksien aikasarjat sekä hylkyannostus hylkykoesarjan aikana.

Anionisuus

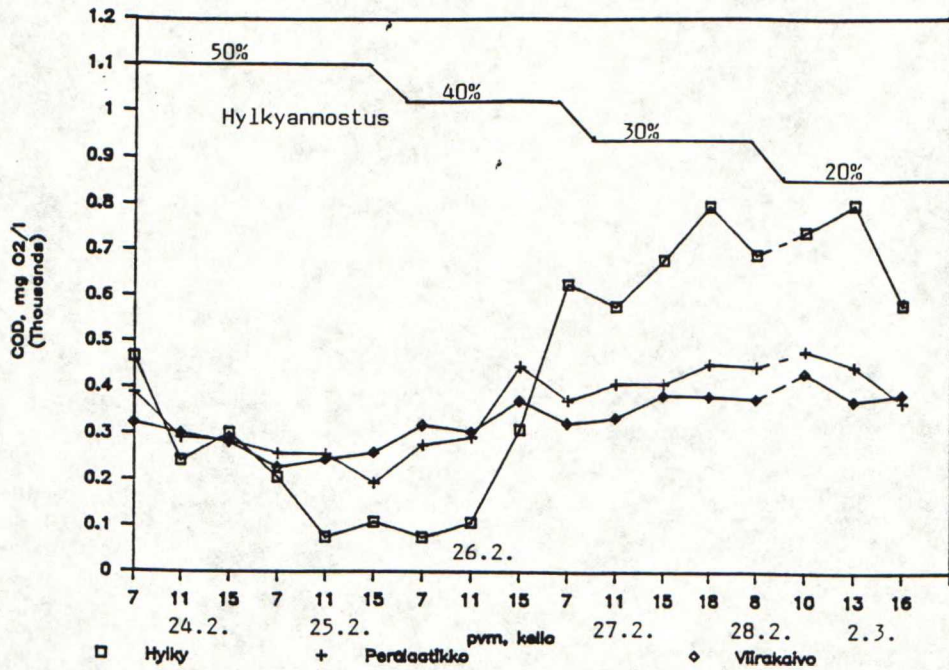


Kuva 23. Hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden anionisuusvaihtelut hylkykoesarjan aikana.

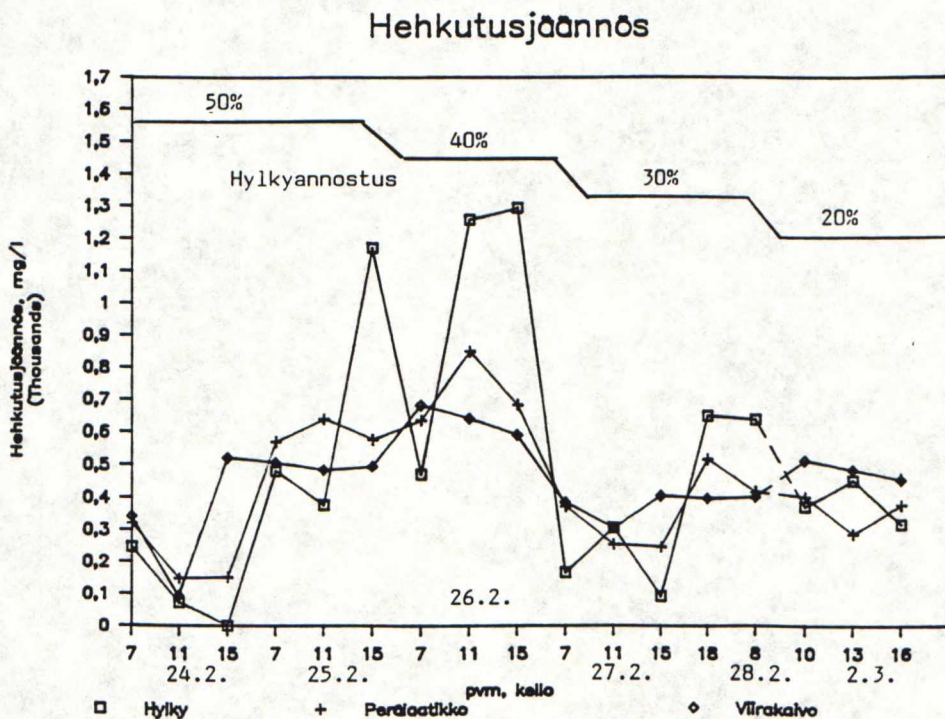
Johtokyky



Kuva 24. Hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden johtokykyvaihtelut hylkykoesarjan aikana.



Kuva 25. Hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden COD-vaihtelut hylkykoesarjan aikana.



Kuva 26. Hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden hehkutusjännösvaihtelut hylkykoesarjan aikana.

Hylyn muuttuminen 100 %:sesti päällystämättömästä 100 %:sesti päällystetyksi (tapahtui 26.2. klo 7-11 välillä) näkyi hylyn anionisuus-, COD- ja johtokykyarvoissa, jotka nousivat selvästi muutoksen tapahduttua. Epäorgaanisten häiriöaineiden määrää kuvaava hehkutusjäännösarvo ei sen sijaan ollut riippuvainen hylyn laadusta, vaan se vaihteli hyvin paljon läpi koko koesarjan. Tulokset osoittavat kuitenkin hyvin selkeästi eron päällystetyn ja päällystämättömän hylyn välillä ja näin vahvistavat työn teoriaosassa esitettyä väitettä päällystetyn hylyn haitallisuudesta.

Hylkyannostusta alettiin pienentää noin 12 tuntia ennen kuin hylky muuttui päällystetyksi. Annostuksen pudotus 50 %:sta 40 %:iin ja edelleen 30 %:iin ei vaikuttanut viiraveden anionisuus- ja COD-arvoja pienentävästi, vaan nämä kasvoivat koko ajan lievästi. Viiraveden johtokykyarvo sen sijaan nousi selvästi hylyn laadun muuttumisen seurauksena. Tässä tapauksessa hylkyannostuksen pienentäminen ja hylyn johtokykyarvon samanaikainen lasku pienensivät kuitenkin viiraveden johtokykyä. Hylyn hehkutusjäännösarvo ei siis ollut riippuvainen hylyn laadusta, joten hylkyannostuksen pienentämisen vaikutuksesta viiraveden hehkutusjäännösarvoon ei saatu selkeää tietoa.

Viimeiset kolme näytettä on otettu erikoisvaalean lajin jälkeen, jolloin valkaisun vaikutus ei ollut vielä hävinnyt kiertovesistä eikä myöskään hylystä. Täten 20 %:n hylkyannostuksella saatuja tuloksia ei voida pitää vertailukelpoisina aikaisempien annostelupisteiden tulosten kanssa.

Massasulpun mukana tulevan häiriöaineksen rikastuminen paperikoneen kiertovesiin riippuu hyvin paljon prosessin sulkemisasteesta. Hylkykoesarjan aikana paperikoneelle tulleen kemiallisesti puhdistetun veden määrä pysyi suhteellisen vakiona, joten sillä ei ollut vaikutusta saatuihin tuloksiin (liite 6). Koneelle tule-

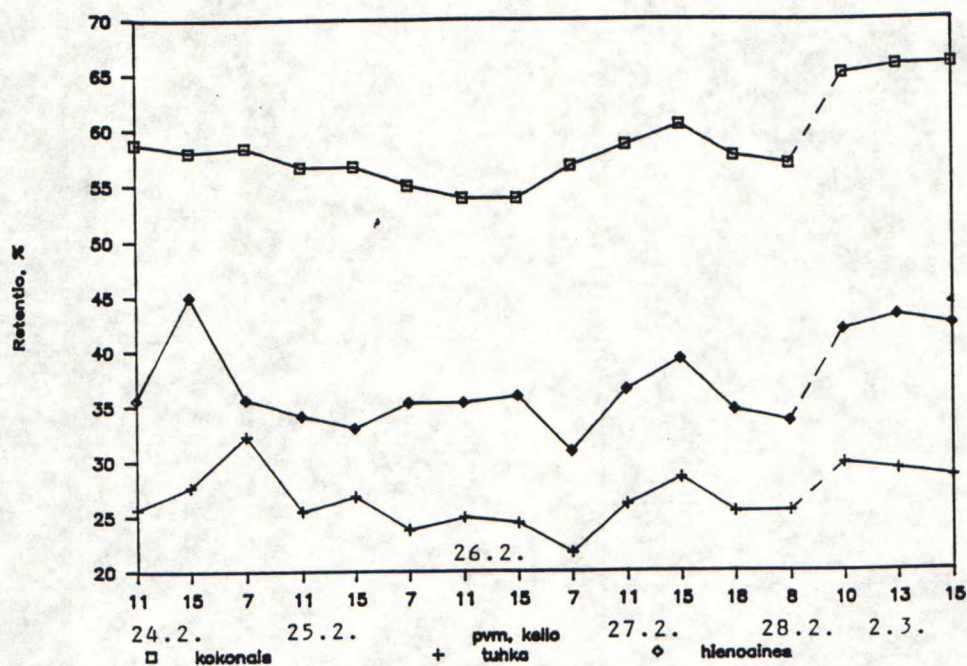
van korvausveden määrän pysyessä vakiona ja päällystetyn hyllyn annostuksen pienentyessä paperikoneen kiertovesien sisältämien häiriöaineiden määrä vähenee olettaen, että muut tekijät pysyvät vakioina (hioke, päällystyspasta). Tämä ei kuitenkaan tule näkyviin kovinkaan nopeasti, mikä käy ilmi kuvista 23 ja 25. Siksi olisikin ollut mielenkiintoista jatkaa koesarjaa pienillä hylkyannostuksilla vielä muutaman (3-4) vuorokauden ajan. Tähän ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta paperikoneella ilmenneiden teknisten ongelmien vuoksi. Kuitenkin arvioitaessa päällystetyn hyllyn annostelumäärää paperikoneen kiertovesien kemiallisen tilan stabiilisuuden ja tätä kautta koneen ajettavuuden kannalta olisi kokonaiskäytön yläraja ilmeisestikin 20-30 %:n välillä.

14.3.2 Retentiovaihtelut hylkykoesarjan aikana sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retentioaineannostuksen korrelaatio kokonaisretention kanssa

Kuvasta 27 ja taulukosta 6 havaitaan sekä tuhka- että hienoainesretention korreloivan hyvin kokonaisretention kanssa. Tulos vahvistaa siten seurantajaksossa saatuja tuloksia ja hienoainesretention merkitystä kokonaisretention kannalta.

Perälaatikkosulpun ominaisuuksista jälleen ainoastaan anionisuus, hienoaines-% ja sakeus korreloivat tilastollisesti merkitsevästi kokonaisretention kanssa (taulukko 6). Retentioaineen määrä ei tilastollisen tarkastelun perusteella vaikuttanut kokonaisretentioon. Käytännössähän asia ei kuitenkaan ole näin yksiselitteinen, vaan retentioaineannostuksen muutoksen jälkeen pitäisi odottaa tarpeeksi pitkä aika ennen näytteenottoa muutoksen vaikutuksen varmistamiseksi. Koska prosessia ajettiin koesarjan aikana mahdollisimman optimaalisesti ja koska koesarja oli luonteeltaan dynaaminen, retentioainelisyksien ja näytteidenoton

välillä tuli aivan ymmärrettävästi päällekkäisyyksiä, jolloin retentioainelisäyksen todellinen vaikutus ei näkynyt otetussa näytteessä.



Kuva 27. Kokonais-, tuhka- ja hienoainesretentiot hylkykoesarjan aikana.

Taulukko 6. Tuhka- ja hienoainesretention sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retentioaineannostuksen korrelaatiot kokonaisretention kanssa hylkykoesarjan aikana.

OMINAISUUS	R	n
Hienoainesretentio	0,663**	19
Tuhkaretentio	0,576**	20
Anionisuus	-0,526*	20
COD	0,391	20
Hehkutusjäännös	0,263	20
Johtokyky	0,058	20
Hienoaines-%	-0,489*	20
Sakeus	-0,705***	20
pH	0,143	20
DKM-uute	0,342	20
Retentioaineannostus	0,159	20

*** korrelaatio tilastollisesti erittäin merkitsevä
(99,9 %:n luotettavuustaso)

** korrelaatio tilastollisesti merkitsevä
(99 %:n luotettavuustaso)

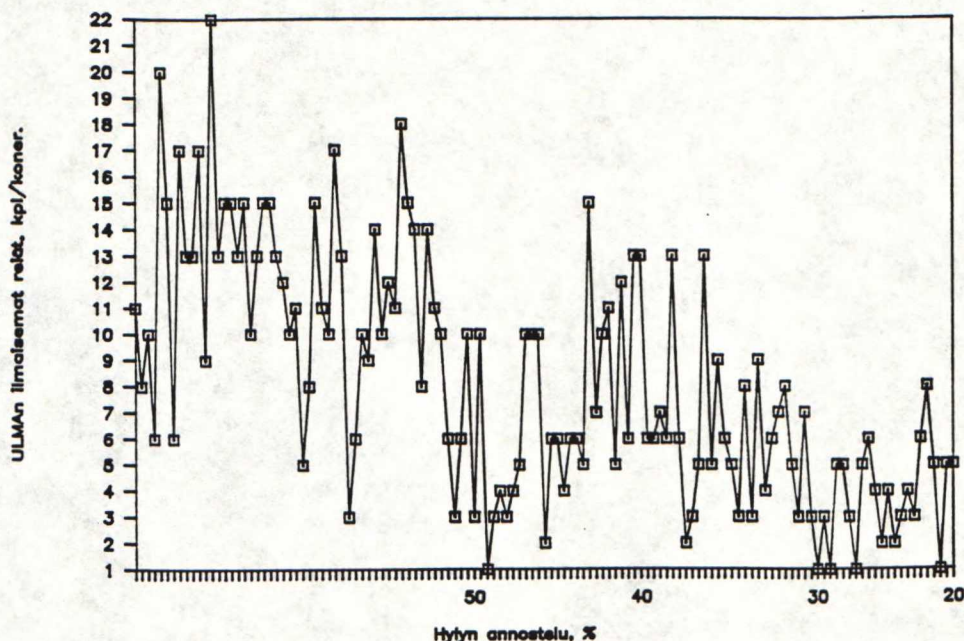
* korrelaatio tilastollisesti melkein merkitsevä
(95 %:n luotettavuustaso)

14.3.3 Hylyn määrän vaikutus paperin reikien määrään, katkopaikat ja -ajat hylkykoesarjan aikana

Paperikone 1:llä on kaksi paperiradan vianilmaisijapalkkia, joista ensimmäinen on heti välikalanterin jälkeen ja toinen juuri ennen rullainta. Ensimmäinen palkki ilmaisee siten pohjapaperissa ja toinen palkki päällystetyssä paperissa olevat reiät. Valitettavasti kirjoitin voitiin kytkeä ainoastaan toiseen palkkiin,

joten kuvan 28 tulokset ilmaisevat päällystetyssä paperissa olleet reiät konerullakohtaisesti. Päällystetyssä paperissa on yleensä enemmän reikiä kuin pohjapaperissa johtuen päällystysaseman terien paperia painavasta vaikutuksesta, joten kuvan käyrän taso on hieman pohjapaperin vastaavaa tasoa korkeampi. Käyrien muotoa voidaan pitää kuitenkin samanlaisena.

ULMAN ilmaisemat reiät ajojakson aikana



Kuva 28. Vianetsijälaitteiston ilmaisemat päällystetyn paperin reiät konerullakohtaisesti hylkykoesarjan aikana.

Hyllyn annostelun ollessa 50 % massan kokonaismäärästä paperin reikien määrä oli selvästi suurin. Hylkymäärän pienentyessä myös reikien määrä väheni selvästi. Hylky muuttui päällystetyksi 40 %:n annostelujakson puolivälissä. Tämän annostelujakson lopussa sekä 30 %:n annostelujakson alussa näkyy lievä reikien määrän nousu, joka on voinut aiheutua päällystetyn hyllyn mukana tulleiden ja paperikoneen kiertovesiin rikastuneiden hairiöaineiden muodostamista kasaumista. Koko tämän työn kokeellisen osan ajan kerättiin paperikoneelta ja välirullaimelta paperinäytteitä katkopaikasta, mutta näytteiden löytymisen satunnaisuudesta johtuen ei voi-

da sanoa, oliko reikämäärän lievä kasvu tässä vaiheessa seurausta päällystetyn hyllyn aiheuttamista kasau-
mista.

Kuvan 28 tulokset tukevat erittäin hyvin tämän työn alustuksena tehdyn kartoitustyön tuloksia /12/. Tuol-
loinhan todettiin paperikone 1:n hyllyn käsittelykapa-
siteetin olevan aivan liian pieni 50 %:n hylkyannos-
tukselle ja 30 %:n hylkyannostuksen olevan yläraja,
jolloin vielä saavutetaan hyvä lajittelu- ja kuidutus-
tulos. Kuvan 28 käyrä kuvaa siten enemmän hyllyn käsit-
telykapasiteetin puutteista aiheutuneita reikiä kuin
päällystetyn hyllyn mukana tulleiden häiriöaineiden ai-
heuttamia reikiä. Jälkimmäistä tekijää reikien aiheut-
tajana ei tietystikään voida sulkea pois, mutta asia
vaatisi tarkemman tutkimuksen luotettavien tulosten
saamiseksi.

Suurilla hylkymäärillä koneella esiintyi myös katkoja
enemmän kuin alhaisilla määrillä (taulukko 7). Tämän
voidaan katsoa olevan selvässä yhteydessä paperin rei-
kien määrään (kuva 28). Erityisesti on huomattava se,
että 30 ja 20 %:n hylkyannostuksilla välikalanteri- ja
1.päällystysaseman katkoja ei esiintynyt lainkaan. Li-
säksi konerullainkatkot vähenivät vastaavasti hylky-
määrän pienentyessä. Päällystettyä paperia valmistetta-
essahan useimmat popekatkot johtuvat paperirataan
päällystysasemilla syntyvistä rei'istä.

**Taulukko 7. Hylkykoesarjan aikana paperikoneella
esiintyneet katkot, kpl/katkoajat, min.**

pvm	hylky-%	puristin- osa	etukuivatus- osa	yälika- lanteri	1-asema	6-ryhmä	2-asema	7-ryhmä	pope	yhteensä
24.2.	50			5/102	1/26		1/10		6/17	13/155
25.2.	50			2/36	2/70		1/13			5/119
26.2.	40			1/68	1/27		1/10		6/25	9/130
27.2.	30						3/64		4/34	7/98
28.2.	30						1/27		4/19	5/46
1.3.	30						1/18		1/23	2/41
2.3.	20						1/12		1/10	2/22

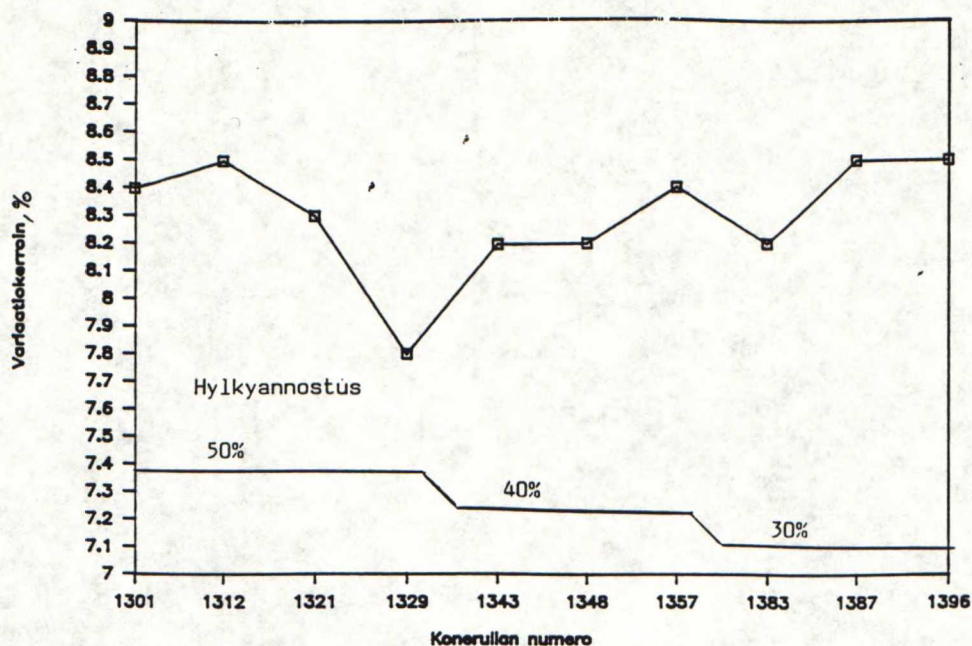
Kuvan 28 ja taulukon 7 tuloksista sekä edellä saaduista päällystetyn hyllyn vaikutusta paperikoneen kierto-vesien kemialliseen tilaan kuvaavista tuloksista voidaan tehdä se johtopäätös, että päällystettyä hylkyä ei saa annostella yli 30 % massan kokonaismäärästä. Tämä merkitsee sitä, että syntynyttä rullahylkyä ja mahdollisia huonoja, jälkikäsitteilyyn kelpaamattomia konerullia ei saisi pulpperoida kovin nopeasti, jotta hylkysäiliöiden pinnan korkeus pysyisi matalalla ja sallisi näin ollen pienen hylkyannostuksen. Myös lajinvaihtotilanteissa (SC --> LWC) tulisi päällystämätöntä hylkyä annostella korkeintaan 30 % onnistuneen lajinvaihdon takaamiseksi. Tällöin vielä SC-ajon aikana hylkysäiliöiden pinnat tulisi ajaa mahdollisimman alas.

14.3.4 Hyllyn määrän vaikutus pohjapaperin paperitekniisiin ominaisuuksiin

Pohjapaperin paperiteknisistä ominaisuuksista seurattiin veto- ja repäisyjujuutta sekä formaatiota. Formaatiomittauksissa oletettiin hyvän formaation olevan edullista pohjapaperin ajettavuuden kannalta päällystysasemilla. Anlyysimenetelmät ovat liitteessä 1.

Hyllyn määrän vähentämisellä ei ollut vaikutusta pohjapaperin formaatioon (kuva 29). Teorian /52/ mukaan hyllyn määrän vähentämisen pitäisi hieman heikentää formaatiota. Tämä johtuu siitä, että hyllyn vähenemisen mukana myös formaatiota parantava hienoaaines vähenee. Hyllyn annostelumäärän muutos ei vaikuttanut formaatiota heikentävän sellun kokonaismäärään, sillä hyllyn komponenttien (hioke, sellu, täyteaine) suhteet ovat samat kuin niiden annostelusuhteet paperikoneelle. Retentioaineannostuksen vaikutusta formaatioon oli vaikea arvioida. Retentioaineannostus oli sama (12 l/min.) 40 %:n hylkyannostelujakson lopulle, jolloin annostusta nostettiin 13 l/min:aan (llite 6). Samoihin aikoihin vähennettiin kuitenkin hylkyannostusta, mikä vaikeuttaa retentioaineen vaikutuksen arviointia.

Formaatio

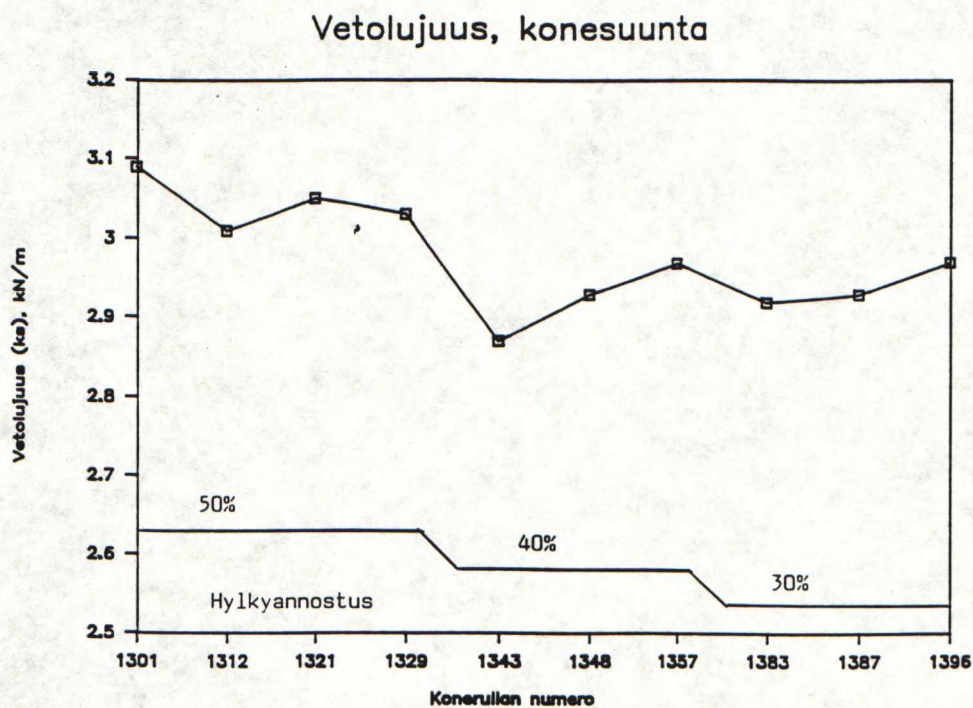


Kuva 29. Hyllyn määrän vaikutus pohjapaperin formaatioon.

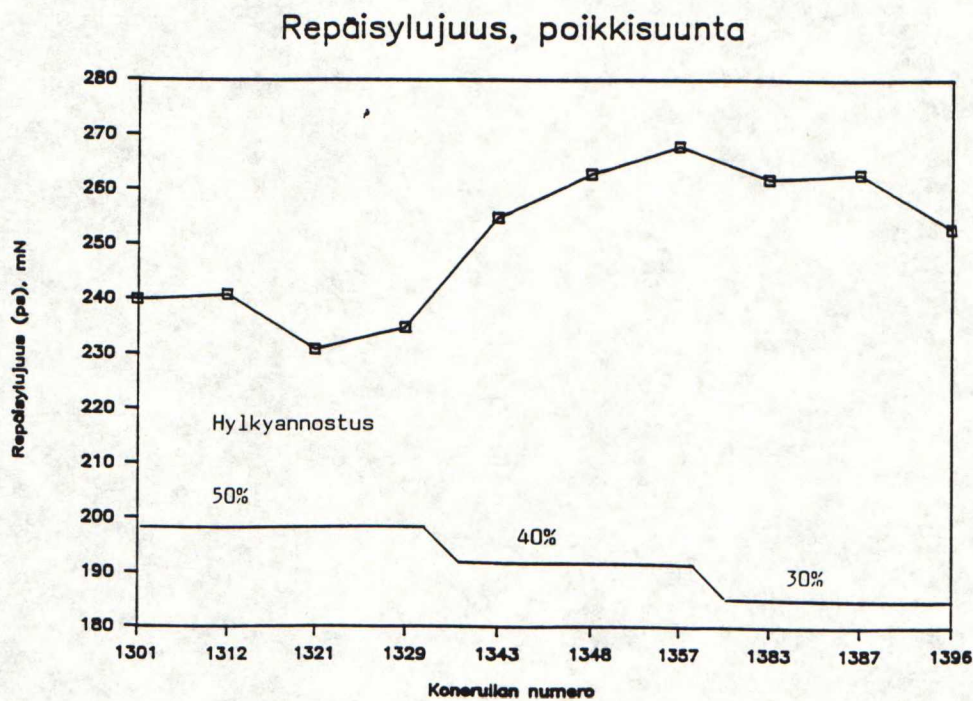
Hyllyn määrän vähentämisen vaikutus pohjapaperin lujuusominaisuuksiin näkyy kuvissa 30 ja 31. Konesuuntainen vetolujuus heikkeni koesarjan aikana noin viisi prosenttia ja poikkisuuntainen repäisylujuus parani noin kymmenen prosenttia. Näiden tulosten mukaan hyllyn määrän vähentäminen parantaa paperin ajettavuutta päällystysasemilla. Muutamat aikaisemmat tutkimustulokset osittavat näet, että repäisylujuus on kriittisin lujuusominaisuus pohjapaperin ajettavuuden kannalta päällystysasemilla /53/.

Tässä työssä ei tutkittu tarkemmin laboratorioarkkiko-keilla niitä syitä, jotka hyllyn määrän muuttuessa vaikuttivat mitattuihin pohjapaperin lujuusominaisuuksiin. Mahdollisesti yhtenä syynä on kuitenkin voinut olla se, että hylkymäärän pienentyessä myös paperirainan kuitusidosten määrä väheni /52,53/. Tämä puolestaan johtui siitä, että hylky on aina massakomponenteista runsaimmin jauhautunutta useiden käsittelyvaiheiden vuoksi. Toinen hyllyn kautta lujuusominaisuuksiin mahdollisesti vaikuttanut tekijä oli hienoaaines,

jonka määrä massassa väheni hylkyannostuksen pienentyessä. Teorian /52/ mukaan hienoainesmäärän kasvu parantaa vetolujuutta, mutta heikentää repäisylujuutta.



Kuva 30. Hyllyn määrän vaikutus pohjapaperin kone-suuntaiseen vetolujuuteen.



Kuva 31. Hyllyn määrän vaikutus pohjapaperin poikkisuuntaiseen repäisylujuuteen.

Edellä käsitellyissä tuloksissa on otettu huomioon vain hyllyn määrän vaikutus. Hyllyn laadun suhteen tehtävä tarkastelu on vaikeaa, sillä hylky oli koesarjan alussa päällystämätöntä (muuttui päällystetyksi kone-rullien 1329 ja 1343 välillä). Päällystetyn hyllyn päällystyspastan vaikutukset pohjapaperin paperitekniisiin ominaisuuksiin riippuvat paljon siitä, millaisessa muodossa pastan eri kemikaalit (esimerkiksi sideaine, kovettimet) ovat hyllyn joukossa. Päällystetty hylky voi siten vaikuttaa sekä negatiivisesti että positiivisesti paperitekniisiin ominaisuuksiin /53/. Tässä työssä ei kuitenkaan selvitetty asiaa tämän tarkemmin.

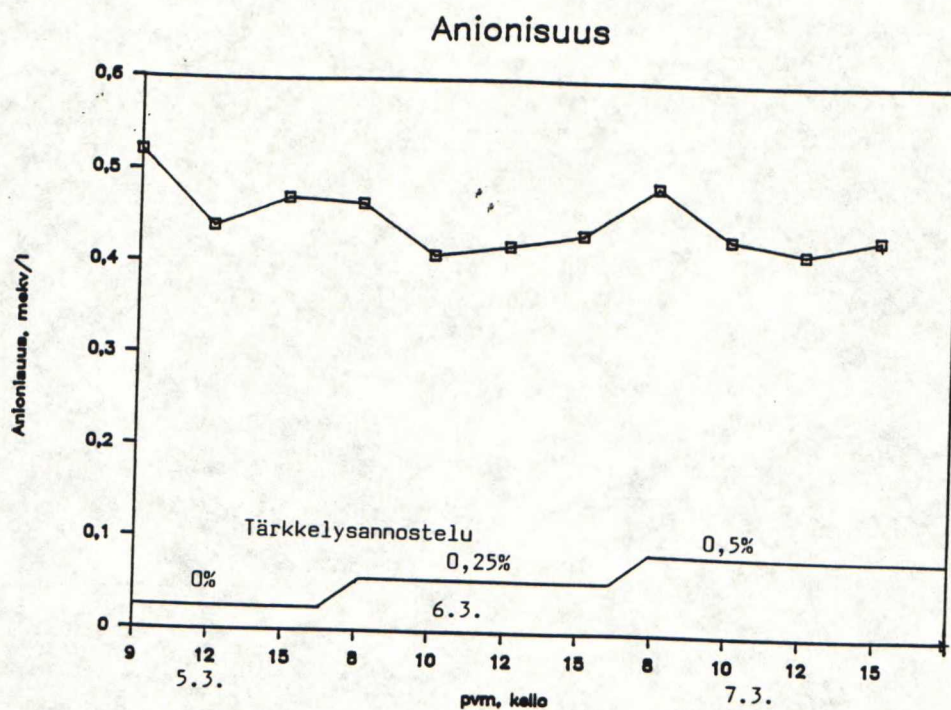
14.4 Massatärkkelyskoesarjan tulokset johtopäätöksineen

Massatärkkelyksen vaikutusta paperikoneen viiraveden kemialliseen tilaan, paperin reikien määrään ja pohjapaperin paperitekniisiin ominaisuuksiin tutkittiin kahdella eri tärkkelysannostuksella: 0,25 % ja 0,5 % tärkkelystä kokonaismassamäärästä. Lisäksi koesarjan aluksi otettiin näytteet nolla-annostuksella.

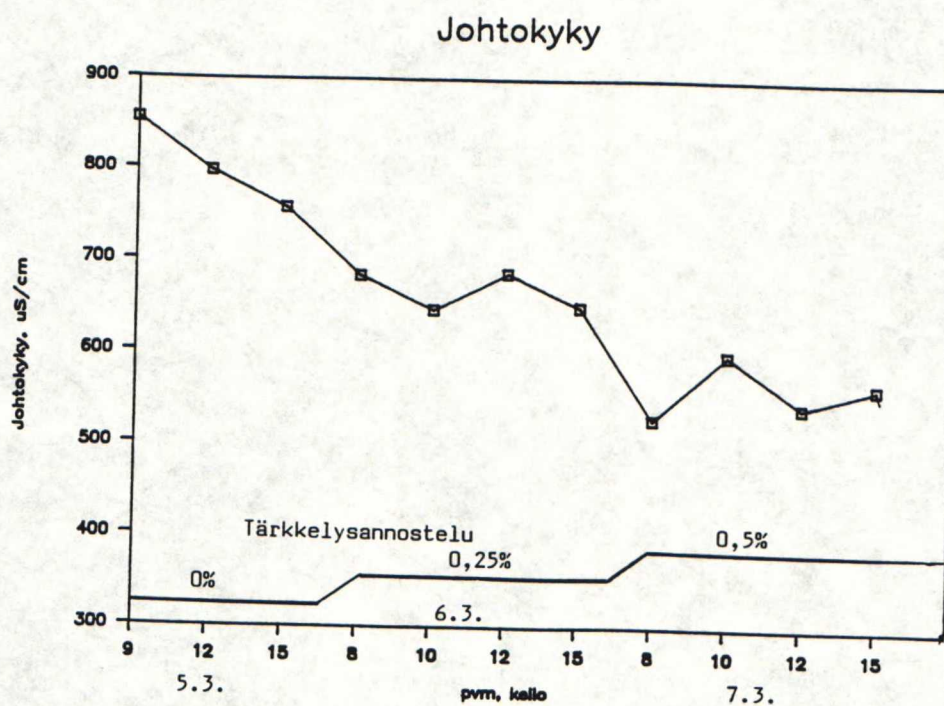
Alkuperäiset mittaustulokset ovat liitteessä 8.

14.4.1 Massatärkkelyksen määrän vaikutus paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan, retentiovaihtelut koesarjan aikana

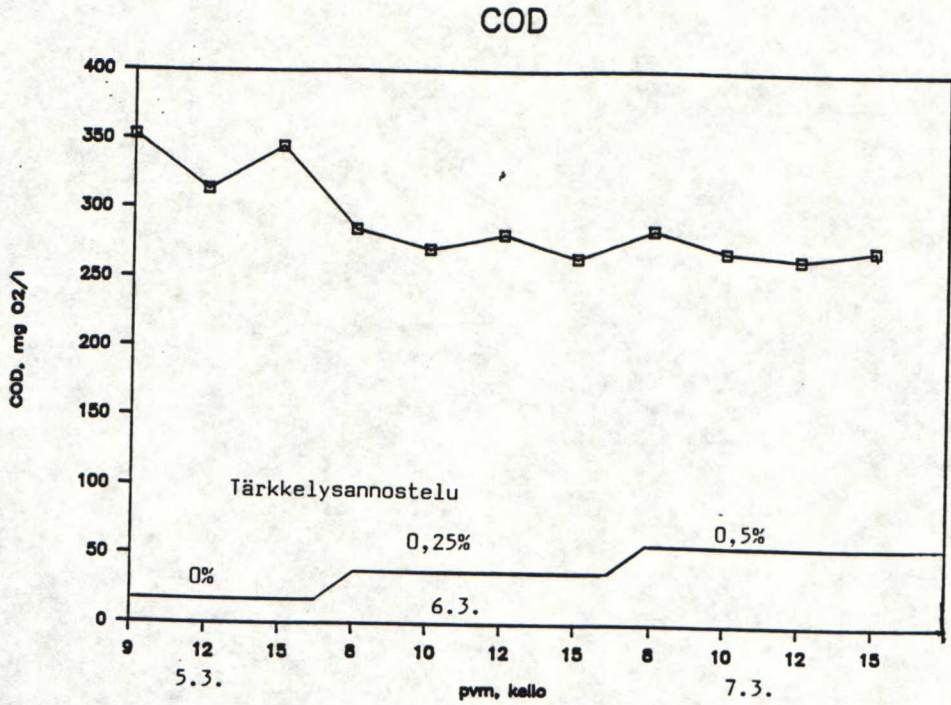
Tärkkelyksellä ei ollut vaikutusta viiraveden anionisen aineksen määrään (kuva 32). COD-arvo laski hieman ensimmäisen tärkkelyslisäyksen jälkeen, mutta toisella lisäyksellä ei ollut enää vaikutusta (kuva 34). Sen sijaan viiraveden johtokyky ja epäorgaanisten häiriöaineiden määrä vähenivät voimakkaasti tärkkelyksen lisäyksen myötä (kuvat 33 ja 35). Täten tärkkelyksellä on jonkinasteinen epäpuhtauksia rainaan retentoiva vaikutus.



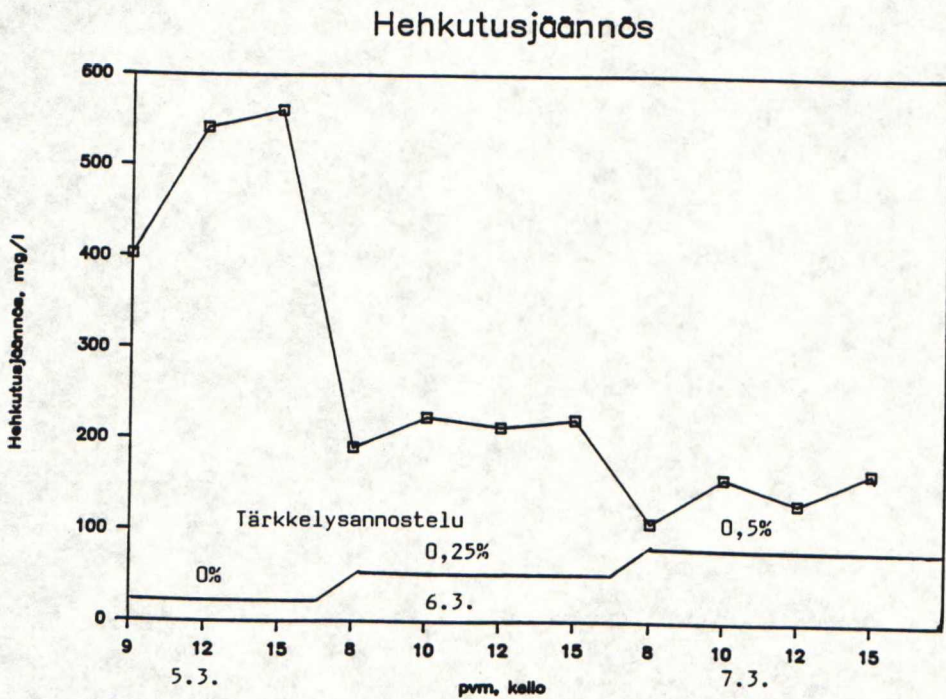
Kuva 32. Viiraveden anionisuusvaihtelut tärkkelyskoesarjan aikana.



Kuva 33. Viiraveden johtokykyvaihtelut tärkkelyskoesarjan aikana.

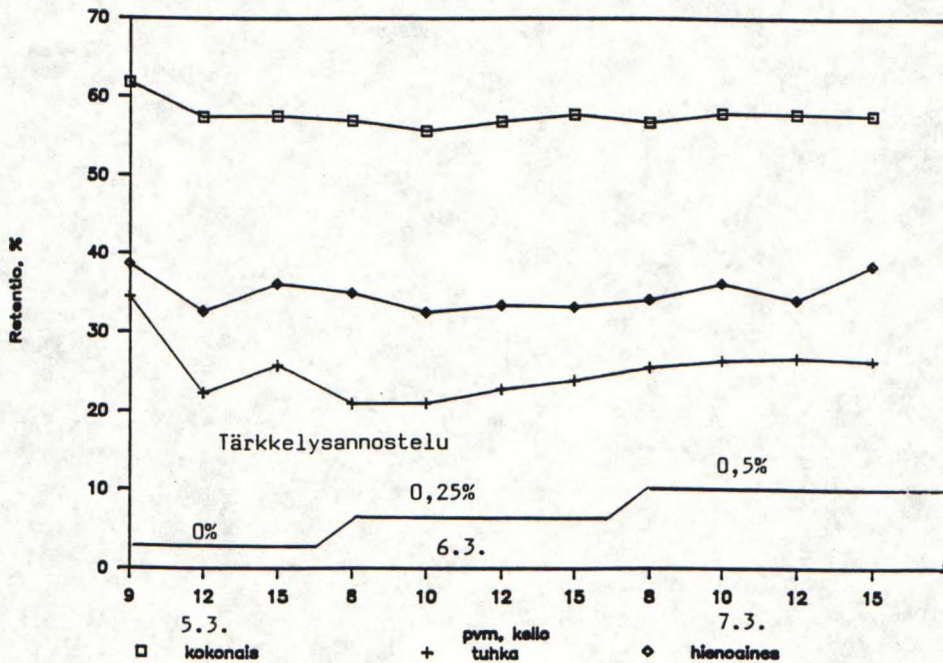


Kuva 34. Viiraveden COD-vaihtelut tärkkelysainesarjan aikana.



Kuva 35. Viiraveden hehkutusjäännösvaihtelut tärkkelysainesarjan aikana.

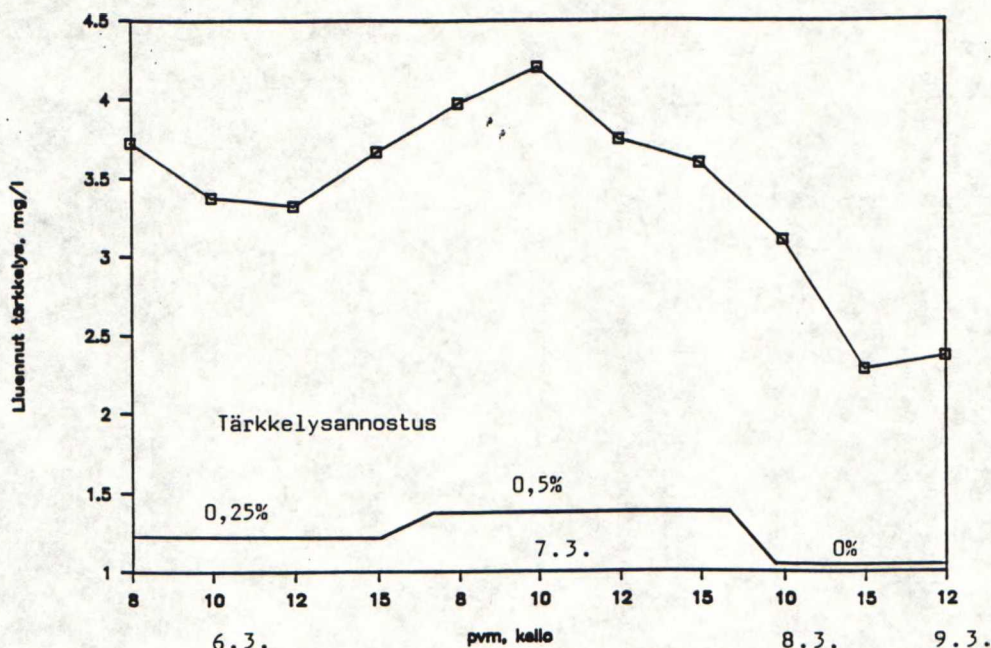
Kuvasta 36 havaitaan, että retentio pysyi hyvin tasaisena läpi koko tärkkelyskoesarjan. Kuten edellä todettiin, myös systeemin anionisuus oli tasainen koesarjan ajan. Täten nämäkin tulokset vahvistavat massasulpun ja sitä kautta kiertovesien anionisuuden merkitystä retention kannalta.



Kuva 36. Kokonais-, tuhka- ja hienoaainesretentiot tärkkelyskoesarjan aikana.

Liuenneen tärkkelyksen määrä viiravedessä ei kasvanut paljoakaan koesarjan aikana (kuva 37), mikä osoittaa tärkkelyksen kiinnittyneen hyvin. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että koesarja oli lyhyt (tärkkelystä annosteltiin vain kaksi vuorokautta). Pidempiaikaisella annostelulla liuenneen tärkkelyksen määrä olisi hyvin todennäköisesti kasvanut. Pidempään koesarjaan ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta koneella alkaneen syväpainopaperiajon vuoksi.

Viiraveteen liuennut tärkkelys



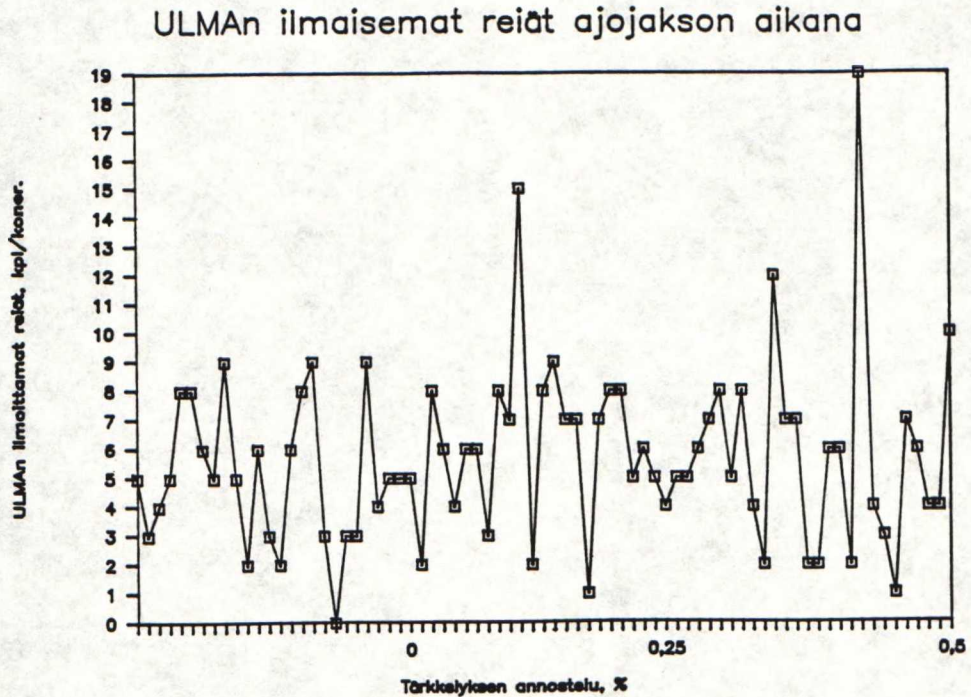
Kuva 37. Liuenneen tärkkelyksen pitoisuus viiravedessä.

14.4.2 Massatärkkelyksen määrän vaikutus paperin reikien määrään

Osa paperikone 1:n käyttöhenkilökunnasta on epäillyt, että massatärkkelyksen käyttö lisäisi paperin reikien määrää ja sitä kautta heikentäisi ajettavuutta. Epäilyjä on perusteltu sillä, että viiraveteen liuennut tärkkelys voi adsorboida itseensä erilaisia epäpuhtauksia ja sitä kautta aiheuttaa saostumia /54/.

Kuvassa 38 on esitetty paperiradan vianetsijälaitteiston päällystetyssä paperissa havaitsemat reiät konerullakohtaisesti tärkkelyskoesarjan aikana. Tärkkelyksen lisäys ei aiheuttanut mitään muutosta reikämäärien tasossa, mutta 0,25 %:n ja 0,5 %:n annostuksella käyrässä on havaittavissa muutama terävä piikki, jotka ovat voineet syntyä edellä mainittujen mahdollisten tärkkelyskasaumien aiheuttamista ryöpyistä. Koesarjan aikana ei kuitenkaan löydetty paperikoneen tai välirullaimen katkomalleista mitään tärkkelyskasaumiin viittaavaa.

Koesarjan lyhyys vaikeuttaa kuitenkin luotettavan tuloksen saamista. Tärkkelystä ei nimittäin ehtinyt kahden vuorokauden tärkkelysannostuksen aikana liueta kovinkaan paljon viiraveteen (kuva 37). Täten tärkkelyksen kiertovesissä kasaumia aiheuttavan vaikutuksen esille saamiseksi olisi tehtävä huomattavasti pidempi koesarja.

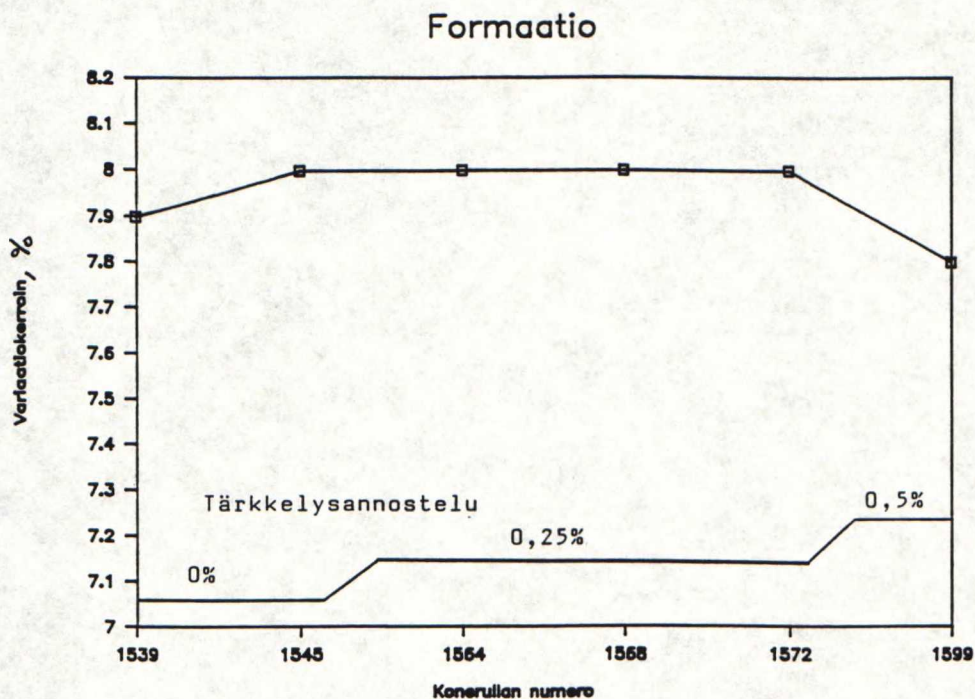


Kuva 38. Vianetsijälaitteiston ilmaisemat päällystetyn paperin reiät konerullakohtaisesti massatärkkelyskoesarjan aikana.

14.4.3 Massatärkkelyksen määrän vaikutus pohjapaperin paperitekniisiin ominaisuuksiin

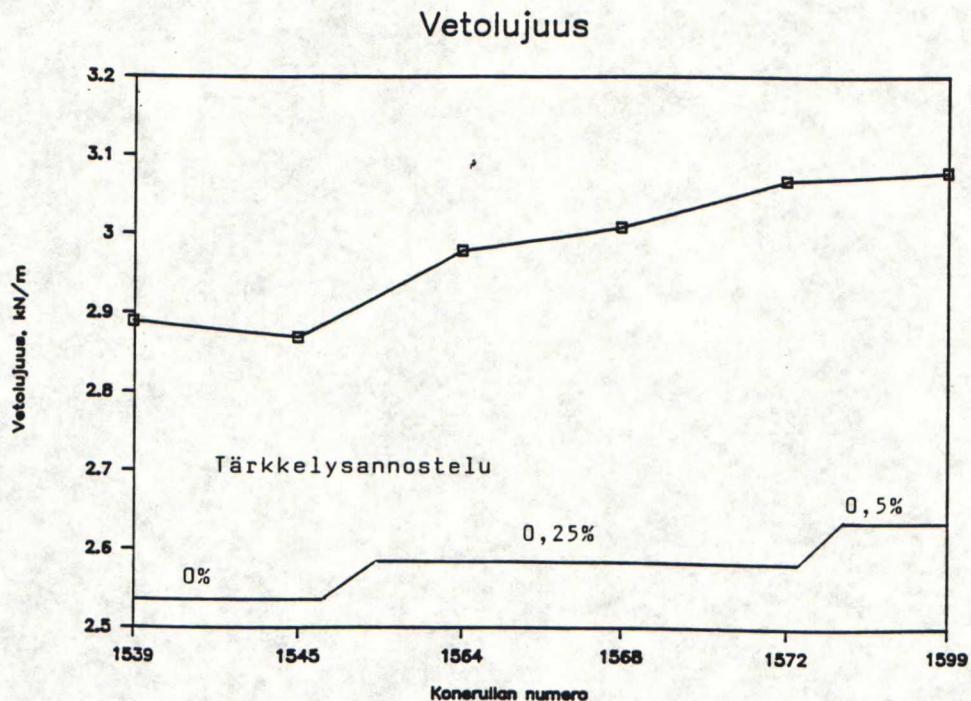
Tulosten tarkastelua häiritsee vähäinen koepisteiden määrä. Pohjapaperinäytteiden saanti tuotantoa häiritsemättä on-machine-tyyppisellä paperikoneella on mahdollista vain päällystysasemien terien vaihdossa. Koesarjan aikana tapahtui kuitenkin usein katko teränvaihdon yhteydessä, joten näytteitä ei saatu kuin kuusi kappaletta.

Massatärkkelyksen lisäyksellä ei ollut vaikutusta pohjapaperin formaatioon (kuva 39). Teorian mukaan massatärkkelyksen määrällä on optimi, jolla saavutetaan paras formaatio /55/. Muut mahdollisesti formaatioon vaikuttavat tekijät, kuten sellu- ja retentioaineannostus, olivat koesarjan aikana vakioita.

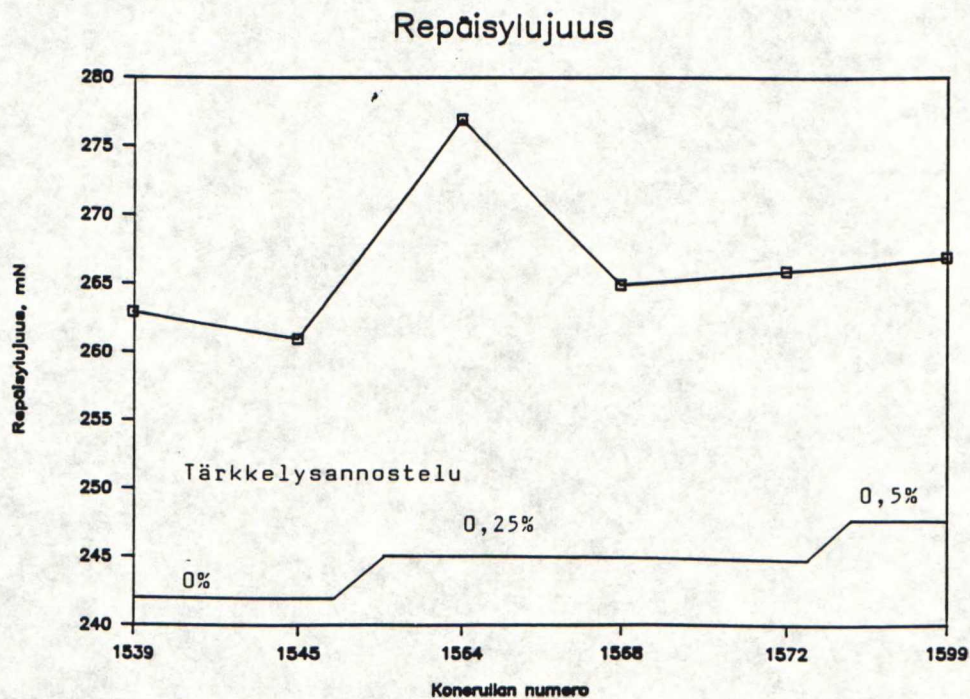


Kuva 39. Massatärkkelyksen määrän vaikutus pohjapaperin formaatioon.

Pohjapaperin lujuusominaisuuksiin tärkkelys vaikutti teorian mukaisesti /53/. Lujuuksien kasvu koesarjan aikana ei tosin ollut korkea, vetolujuus kasvoi noin 6% (kuva 40) ja repäisylujuus vain noin 2 % (kuva 41). Koska tärkkelyksen vaikutus lujuusominaisuuksiin on kuitenkin positiivinen, voidaan tärkkelyksen käytön yhteydessä vähentää sellun annostusta, mikä vähentää tuotantokustannuksia ja parantaa formaatiota. Toisaalta voidaan vähentää sellun jauhatusta menettämättä vetolujuutta saavuttaen kuitenkin parempi repäisylujuus ja täten parempi ajettavuus päällystysasemilla.



Kuva 40. Massatärkkelyksen määrän vaikutus pohjapaperin konesuuntaiseen vetolujuuteen.



Kuva 41. Massatärkkelyksen määrän vaikutus pohjapaperin poikkisuuntaiseen repäisylujuuteen.

15. KOEJAKSO 2

15.1 Tavoite

Koejakson tavoitteena oli selvittää peroksidivalkaistun hiokkeen annostelumäärän vaikutus viiraveden ja hyllyn kemialliseen tilaan.

15.2 Koejakson yleiskuvaus

Kokeet suoritettiin 28.3. - 4.4.1990 välisenä aikana. Näytteet otettiin hyllyn annostelusta, perälaatikosta ja viirakaivosta ja ne käsiteltiin kuvan 15 analysointikaaviota soveltaen siten, että hienoaines- ja nestefaasin anionisuusmääritykset sekä nestefaasin hehkuusjäännösmääritys jätettiin pois. Näytteet otettiin koejakson aikana pääasiassa kolme kertaa vuorokaudessa.

Ensimmäiset näytteet otettiin tilanteessa, jossa peroksidivalkaistua hioketta oli annosteltu koneelle kuusi vuorokautta. Tänä aikana annostelu oli vaihdellut 50-75 %:n välillä kokonaishiokkeesta. Lajinvaihdosta (SC --> LWC) oli puolestaan kulunut 15 tuntia koejakson alkaessa. Täten sakemassatornissa ollut hylky oli aluksi päällystämätöntä, mutta muuttui päällystetyksi varsin nopeasti koejakson edistyessä.

Koejakson yksityiskohtaiset ajo-olosuhteet on esitetty liitteessä 9.

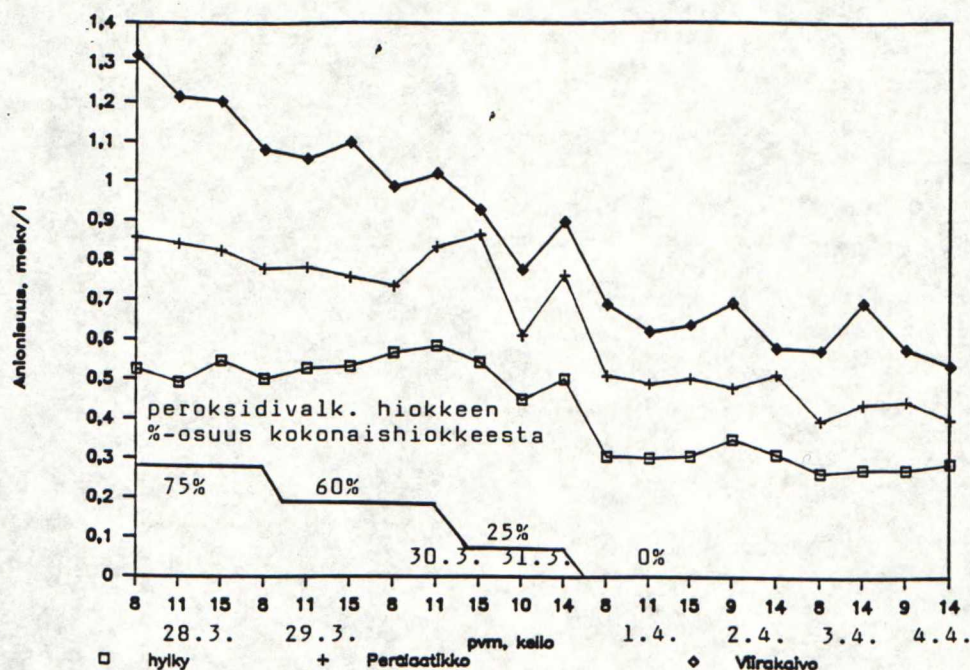
15.3 Tulokset johtopäätöksineen

Alkuperäiset mittaustulokset ovat liitteessä 10.

15.3.1 Peroksidivalkaistun hiokkeen määrän vaikutus paperikoneen kiertovesien sekä hyllyn kemialliseen tilaan

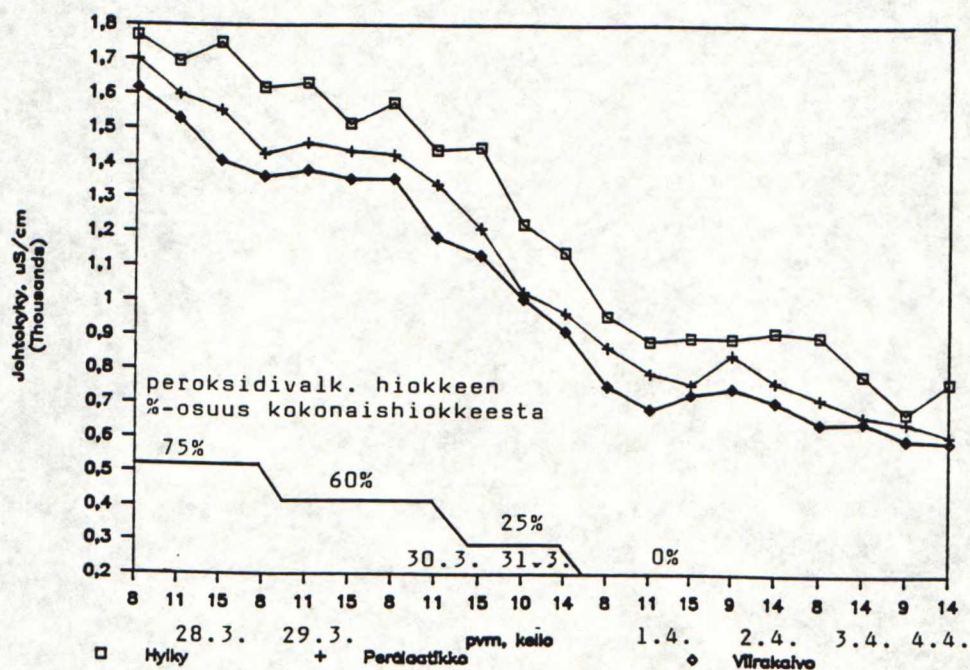
Kuvissa 42-44 on esitetty hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden eri ominaisuuksien aikasarjat sekä peroksidivalkaistun hiokkeen annostus koejakson aikana.

Anionisuudet koesarjan aikana



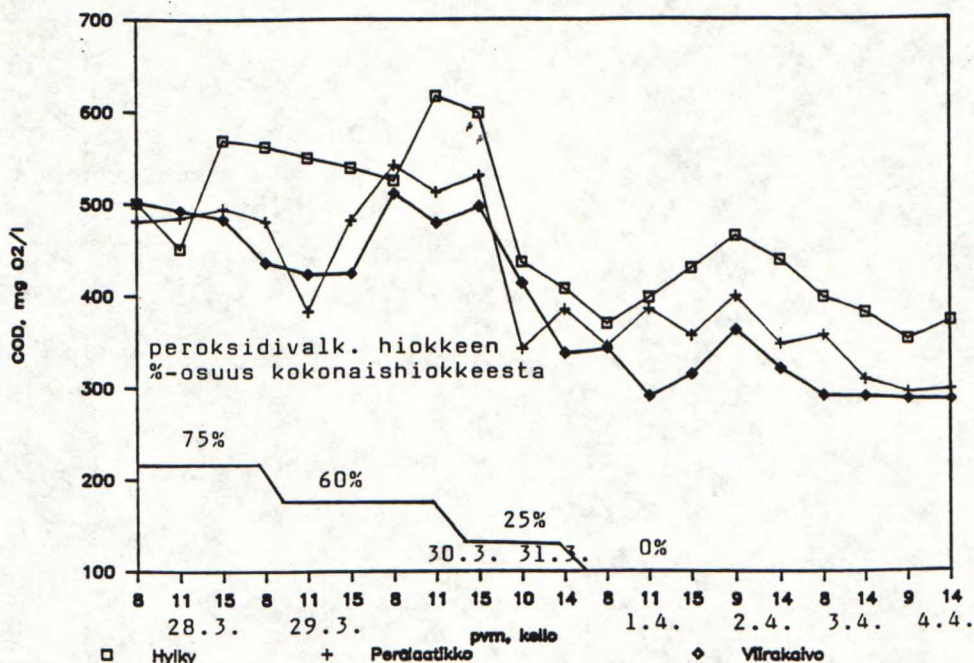
Kuva 42. Hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden anionisuusvaihtelut koejakso 2:n aikana.

Johtokyvyt koesarjan aikana



Kuva 43. Hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden johtokykyvaihtelut koejakso 2:n aikana.

COD-arvot koesarjan aikana



Kuva 44. Hyllyn, perälaatikkosulpun ja viiraveden COD-vaihtelut koejakso 2:n aikana.

Viiraveden kaikki mitatut ominaisuudet laskivat voimakkaasti peroksidivalkaistun hiokkeen annostelun vähenemisen myötä. Lasku oli anionisuuden ja johtokyvyn osalta hieman yli 50 % koejakson aikana. Saadut tulokset ovat siten täysin työn teoriaosassa esitettyjen tulosten mukaisia.

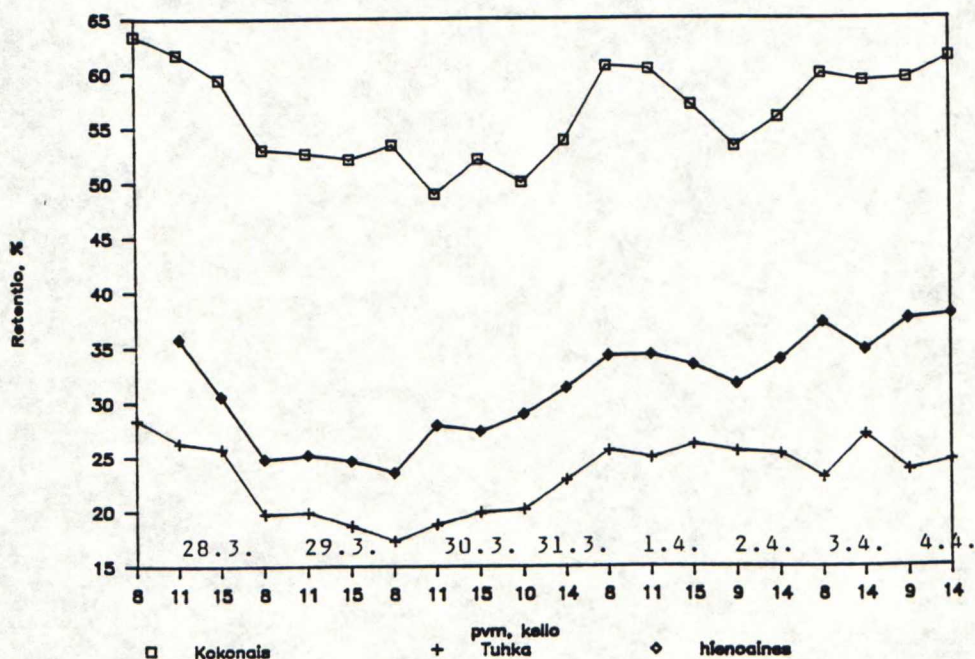
Hylky vaihtui päällystetyksi päivän 29.3. aikana, mikä ei kuitenkaan näkynyt hyllyn kemiallisessa tilassa. Sen sijaan peroksidivalkaistun hiokkeen loppuminen hyllyn joukosta näkyi selvästi. Esimerkiksi hyllyn anionisuus laski noin 40 %.

Vertailtaessa peroksidivalkaistun hiokkeen ja päällystetyn, valkaisuamatonta hioketta sisältävän hyllyn vaikutusta paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan voidaan peroksidivalkaisun todeta olevan selvästi haitallisempi (kuvat 23-26 vs. kuvat 42-44). Saatujen tulosten perusteella peroksidivalkaisun voidaan olettaa aiheuttavan helpommin retentio-ongelmia kuin päällystetyn hyllyn. Päällystetyn hyllyn sisältämät pastakemikaalit muodostavat kuitenkin erilaisia lateksi-pigment-

tिकासauimia sekä tartuntaongelmia, joiden vuoksi sen vaikutus paperikoneen ajettavuuteen lieenee yhtä merkittävä kuin peroksidivalkaistun hiokkeenkin.

15.3.2 Retentiovaihtelut koejakson aikana sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retentioaineannostuksen korrelaatio kokonaisretention kanssa

Kuva 45 ja taulukko 8 vahvistavat edellä saatuja tuloksia hienoaainesretention merkityksestä kokonaisretention kannalta. Perälaatikkosulpun ominaisuuksista ainoastaan hienoaaines-% ja sakeus korreloivat tilastollisesti merkitsevästi kokonaisretention kanssa (taulukko 8).



Kuva 45. Kokonais-, tuhka- ja hienoaainesretentiot koejakso 2:n aikana.

Taulukko 8. Tuhka- ja hienoainesretention sekä perälaatikkosulpun ominaisuuksien ja retentioaineannostuksen korrelaatiot kokonaisretention kanssa koejakso 2:n aikana.

OMINAISUUS	R	n
Hienoainesretentio	0,808***	19
Tuhkaretentio	0,804***	20
Anionisuus	-0,353	20
COD	-0,327	20
Johtokyky	-0,196	20
Hienoaines-%	-0,713***	19
Sakeus	-0,665**	20
pH	0,240	20
Retentioaineannostus	0,209	20

*** korrelaatio tilastollisesti erittäin merkitsevä
(99,9 %:n luotettavuustaso)

** korrelaatio tilastollisesti merkitsevä
(99 %:n luotettavuustaso)

* korrelaatio tilastollisesti melkein merkitsevä
(95 %:n luotettavuustaso)

Retentioaineen muutosten (liite 9) vaikutusta on vaikea arvioida, sillä retentioainetta lisättiin koejakson aikana samalla, kun kiertovesien sisältämien häiriöaineiden määrä väheni. Retentio kuitenkin parani koejakson loppua kohti (kuva 45), mihin varmasti vaikuttivat molemmat edellä mainitut muutokset. Retentioaineannostus ei kuitenkaan tilastollisen tarkastelun perusteella vaikuttanut kokonaisretentioon tässäkään koejaksossa (taulukko 8).

16. KATKOMALLIT

Koko työn kokeellisen osan ajan kerättiin sekä paperikoneelta että välirullaimelta katkonäytteitä, joiden avulla oli tarkoitus tehdä tarkka kartoitus katkoja aiheuttavista tekijöistä sekä saada tietoa prosessiin tehtyjen muutosten vaikutuksista. Varsin varhain kävi kuitenkin selväksi, että katkomalleja saadaan hyvin satunnaisesti. Tämä johtui siitä, että paperikoneella katkohäntä "ruhjoutui" rikki ennen rullaimelle tuloaan, ja välirullaimella rullaimen hoitaja ei yksinkertaisesti aina ehtinyt etsimään katkonäytettä. Tämän vuoksi saaduista kakonäytteistä ei edes yritetty vetää johtopäätöksiä prosessin tilan ja paperikoneen ajettavuuden välille. Taulukkoon 9 on kuitenkin tehty yhteenveto kaikista työn kokeellisen osan aikana saaduista katkomalleista.

Taulukko 9. Katkojen aiheuttajat työn kokeellisen osan aikana kerättyjen katkomallien perusteella.

SYY	OSUUS KATKOISTA

-Tuntematon	46 %
-Lateksi-pigmentti- kasauma pohjapaperissa (white pitch)	33 %
-Hajoamaton hylky	14 %
-Muu syy	7%

Tunnistamattomat katkot olivat suurin ryhmä, mutta myös "white pitch" aiheutti merkittävän osan katkoista. Katkosyyksi merkittiin tuntematon, jos katkohäntässä olleista rei'istä tai repeämäkohdista ei löydetty mitään normaalista poikkeavaa. Tällaisissa tapauksissa on kuitenkin usein voinut käydä niin, että pohjapaperista on irronnut itse katkon aiheuttaja, joka

on voinut olla esimerkiksi hajoamaton hylkypaperi, pieni muovi- tai puusiru tai muu kova partikkeli. Tämä on irronnut pohjapaperista joko välikalanterin tai päällystysaseman terien puristuksessa aiheuttaen paperiin reiän tai repeämän ja tätä kautta katkon.

Hajoamattoman hyllyn osuus katkosyynä osoittaa myös, että hyllyn lajittelu- ja kuidutusteho ei ollut joka hetki tarpeeksi hyvä.

17. EHDOTUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI

Työssä saatujen tulosten mukaan hienoainesretentio vaikuttaa paperikone 1:llä erittäin merkittävästi kokonaisretentioon. Merkitsevyys kasvaa sitä enemmän mitä anionisempaa käytetty massa on, sillä hienoaineksen anionisuuden osuus massan kokonaisanionisuudesta on suuri. Mikäli paperikone 1:llä ajetaan tulevaisuudessa yhä enemmän vaaleustavoitteeltaan korkeita LWC-lajeja, retentiotason alhaisuus (johtuen juuri huonosta hienoainesretentiosta) voi muodostua ongelmaksi. Tästä syystä tulisi tehdä erillinen tutkimus peroksidivalkaisun vaikutuksista retentioon LWC-lajeja ajettaessa, jolloin muuttujiksi olisi syytä valita peroksidivalkaistun hiokkeen ja retentioaineen annostus sekä retentioainetyyppi.

Paperikone 1:llä tulisi kiinnittää enemmän huomiota hyllyn annostelumääriin. Koneelle ei saa annostella hylkyä yli 30 %:ia kokonaismassamäärästä. Pienillä annostelumäärillä riski reikien syntymiselle pienenee olennaisesti. Lisäksi päällystetyn hyllyn vaikutukset kiertovesien kemialliseen tilaan pysyvät tällöin suhteellisen vähäisinä.

Paperin ajettavuuden kannalta hyllyn negatiivisten vaikutusten vähentämiseksi tulisi hyllyn lajittelu- ja kuidutusprosessia muuttaa. Tämän työn alustuksena tehdyssä kartoitustyössä /12/ mainituista epäkohdista varsinkin lajittelu- ja kuidutusprosessien erottaminen

toisistaan omiksi kokonaisuuksiksi olisi tärkeää. Tällöin niitä voitaisiin ajaa erillisinä, toisistaan riippumattomina yksiköinä, jolloin varsinkin kuidutus-tulos paranisi. Hyllyn käsittelyprosessiin tehtiin tämän työn kokeellisen osan jälkeen muutos, jossa hyllyn rejektin tärysihti siirrettiin aivan Lamort-painesihdin viereen. Tämä muutos mahdollistaa hyllyn sakeuden noston, jolla on vaikutusta hylkyprosessissa erityisesti kuidutuksen tehokkuuteen. Sakeuden nosto pienentää kuiduttimelle menevää massavirtaa, jolloin kuiduttimen antama käsittely tehostuu.

Massatärkkelyskoesarja tulisi tehdä uudestaan ja pidempänä. Tällöin saataisiin enemmän tietoa tärkkelyksen liukenemisesta kiertovesiin sekä mahdollisesta pohjapaperin reikiä lisäävästä vaikutuksesta. Lisäksi massatärkkelyksen lujuuksia parantavan vaikutuksen myötä voitaisiin vähentää joko sellun määrää (taloudellisuuskysymys) tai jauhatusta (parempi pohjapaperin repäisylujuus). Tätä asiaa tulisi tutkia erillisellä koesarjalla.

18. KOKEELLISEN OSAN YHTEENVETO

Työn kokeellisen osan aluksi suoritettiin koejakso, jonka aikana pyrittiin saamaan yleistä tietoa eri massakomponenttien ja kiertovesien kemiallisen tilan tasosta ja vaihteluista.

Työn päätavoitteena oli selvittää hyllyn ja massatärkkelyksen käytön vaikutukset sekä paperikoneen märkäosan toimintaan ja stabiilisuuteen että paperin rakenteeseen ja ajettavuuteen. Näitä seikkoja tutkittiin erillisellä koesarjalla. Lisäksi hyllyn osalta tutkittiin eroja päällystetyn ja päällystämättömän hyllyn kemiallisissa ominaisuuksissa.

Toinen koesarja tehtiin peroksidivalkaistun hiokkeen vaikutuksista paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan.

Lisäksi koko työn kokeellisen osan ajan seurattiin perälaatikkosulpun ominaisuuksien vaikutusta kokonaisretentioon.

Anioninen aines jakautui tutkituissa massakomponenteissa (hieke, sellu, hylky) siten, että kuitufaasin osuus kokonaisanionisuudesta oli 65-70%, hienoainesfaasin 25-30% ja nestefaasin 0-5%. Koska kuituaineksen retentoituminen on pääasiassa mekaanista, anionisuudella ei ole kuituretention kohdalla niin suurta merkitystä kuin hienoainesretention kohdalla, joka tapahtuu flokkausmekanismein. Hienoainesfaasin anionisuusosuuden todettiin olevan sen verran suuri, että se vaikuttaa haitallisesti hienoainesretentioon. Kokonaisretentio riippuikin kaikissa tehdyissä seuranta- ja koejaksoissa tilastollisesti erittäin merkitsevästi juuri hienoainesretentiosta. Retention osalta esitettiin jatkotoimenpiteiksi tutkimusta, jossa tarkasteltaisiin erityisesti peroksidivalkaistun hiokkeen annostelumäärän vaikutusta retentioon sekä etsittäisiin parempaa retentioaineyhdistelmää paperikoneelle.

Päällystetty hylky oli kemiallisilta ominaisuuksiltaan selvästi päällystämätöntä hylkyä haitallisempi (anionisuus, COD, johtokyky). Saadut tulokset tukivat siten työn teoriaosassa esitettyjä väittämiä päällystetyn hyllyn haitallisuudesta. Kiertovesien sisältämien häiriöaineiden määrä ei pienentynyt samassa tahdissa päällystetyn hyllyn vähenemisen kanssa, mikä osoittaa prosessin puhdistumisen hitauden. Arvioitaessa päällystetyn hyllyn annostelumäärää paperikoneen kiertovesien kemiallisen tilan stabiilisuuden ja tätä kautta paperikoneen ajettavuuden kannalta olisi saatujen tulosten perusteella hyllyn kokonaiskäytön yläraja 20-30%:n välillä.

Hylyn annostelumäärän väheneminen pienensi selvästi päällystetyssä paperissa olleiden reikien määrää. Samalla myös paperikoneella esiintyneiden katkojen määrä väheni. Tämä johtui enemmänkin hylyn käsittelykapasiteetin puutteista kuin päällystetyn hylyn mukana tulleista häiriöaineista. Tulosten perusteella 30%:n annostelumäärä olisi nykyisellä hylyn käsittelyllä yläraja, jolla vielä saavutettaisiin hyvä lajittelu- ja kuidutustulos. Hylyn lajittelu- ja kuidutusprosessiin ehdotettiin muutamia muutoksia paremman lajittelu- ja kuidutustuloksen aikaansaamiseksi.

Hylyn määrä ei vaikuttanut pohjapaperin formaatioon. Sen sijaan hylyn vähentäminen paransi selvästi (kymmenen prosenttia) pohjapaperin kriittisintä lujuusominaisuutta, repäisylujuutta. Syinä repäisylujuuden selvään paranemiseen arveltiin olevan hylyn määrän pientymisen yhteydessä tapahtuva rainan sisältämien kuitusidosten ja hienoaineksen määrän väheneminen.

Massatärkkelyksellä oli osittainen epäpuhtauksia rainaan sitova vaikutus. Viiraveden anionisuus- ja COD-arvot eivät laskeneet juurikaan massatärkkelyksen lisäyksien jälkeen, mutta johtokykyarvo ja epäorgaanisten häiriöaineiden määrää kuvaava hehkutusjäännösarvo pienenivät selvästi. Tärkkelyskoesarja jouduttiin jättämään lyhyeksi, jolloin ei saatu tietoa tärkkelyksen pidempiaikaisista vaikutuksista. Erityisesti tutkittaessa tärkkelyksen liukenemista kiertovesiin ja mahdollisia tärkkelyskasaumien aiheuttamia reikiä vaadittaisiin pitkä koejakso luotettavien tulosten saamiseksi.

Massatärkkelyksen määrä ei vaikuttanut pohjapaperin formaatioon. Lujuusominaisuudet (veto- ja repäisylujuus) sen sijaan paranivat jonkin verran. Etenkin vetolujuuden paraneminen mahdollistaisi sellun määrän vähentämisen, jolloin syntyisi kustannussäästöjä. Toisaalta voitaisiin vähentää sellun jauhatusta saavuttaen parempi repäisylujuus ja täten parempi ajettavuus päällystysasemilla.

Peroksidivalkaistun hiokkeen vaikutukset paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan olivat hyvin selkeät. Annostelun vähentyessä viiraveden kaikki mitatut kemialliset ominaisuudet laskivat jyrkästi. Anionisuuden ja johtokyvyn osalta lasku oli hieman yli viisikymmentä prosenttia koejakson aikana.

Vertailtaessa peroksidivalkaistun hiokkeen ja päällystetyn, valkaiseamatonta hioketta sisältävän hyllyn vaikutusta paperikoneen kiertovesien kemialliseen tilaan todettiin peroksidivalkaisun olleen selvästi haitallisempi. Tulosten perusteella peroksidivalkaisun voidaan olettaa aiheuttavan helpommin retentio-ongelmia kuin päällystetyn hyllyn.

Koko työn kokeellisen osan aikana perälaatikkosulpun ominaisuuksista korreloivat kokonaisretention kanssa ainoastaan anionisuus, hienoaines-% ja sakeus.

LÄHDELUETTELO

1. EBELING, K., Paperikoneen määränpään tehtävät ja toimintaolosuhteet. Helsinki 1982. INSKO, julkaisu 39-82. Paperikoneen määränpään kemia. 19 s.
2. EDWARDS, K., Wet end chemical effects on coating base stock quality. 1985 Base Stock Seminar. Atlanta, GA. May 23-24 1985. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1985. s. 34-37.
3. NEIMO, L., Kolloidititraus (anionisuuden määrittäminen). KCL:n tiedote 18. 1983.
4. LAINE, J., Paperikemia. Teknillisen korkeakoulun luentomoni-
niste. Espoo 1987. 257 s.
5. CELMER, J., Effects of electrokinetic variability of furnish on wet-end chemical performance. 1985 Papermakers Conference. Denver, CO. April 15-17 1985. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1985. s. 302-309.
6. HAGERDON, R., The combination of highly charged polyelectrolytes with retention agents: retention in the presence of interfering substances. Tappi Journal 71(1988)8. s.131-134.
7. STENIUS, P., Yt- och kolloidkemi i pappermaskinens vätända. Helsinki 1985. INSKO, julkaisu 191-85. Pinta-ja kolloidikemian sovellutukset paperikoneella. 49 s.
8. KORPI, T., Viiraretentioon vaikuttavat tekijät puupitoisen painopaperin valmistuksessa. KCL:n seloste 1859. 1989.
9. JOKINEN, O., Retention merkitys paperin valmistuksessa. Helsinki 1985. INSKO, julkaisu 158-87. Lisäaineet paperin valmistuksessa. 14 s.

10. KAUNONEN, A., On-line retention and cationic demand measurement and their utilization on a paper machine. Paperi ja puu 71(1989)1. s. 46-52.
11. EDWARDS, K., Retention: Key to efficient papermaking. 1987 Wet End Operations. Atlanta, GA. May 4-8 1987. Julk. TAPPI Atlanta, GA 1987. s. 393-398.
12. LUHTALAMPI, J., Hiokepitoisen pohjapaperin ajettavuuteen vaikuttavien tekijöiden kartoitus eräällä paperikoneella. Erikoistyö. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostustekniikan laitos, paperitekniikan laboratorio. Espoo 1989. 33 s.
13. RYTI, N., Paperitekniikan perusteet. Otakustantamon moniste no. 289. Espoo 1980. 169 s.
14. NYGREN-KONTTINEN, A., Täyteaineen ja hienoaineen retentio. Helsinki 1982. INSKO, julkaisu 39-82. Paperikoneen märänpään kemia. 23 s.
15. PETÄJÄ, T., Fundamental mechanisms of retention with retention agents. Part I. Electrolyte and single polymer systems. Kemia-Kemi 7(1980)3. s. 110-113, 129-130.
16. NEIMO, L., Alunan osuus ja merkitys märkäpään kemiassa. Helsinki 1982. INSKO, julkaisu 39-82. Paperikoneen märänpään kemia. 17 s.
17. ROSSI, I., Massatärkkelyksen käyttö LWC-paperin valmistuksessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostustekniikan laitos, paperitekniikan laboratorio. Espoo 1988. 86 s.
18. KARTOVAARA, I., Retention mittaaminen, retentioaineet. Helsinki 1982. INSKO, julkaisu 39-82. Paperikoneen märänpään kemia. 23 s.

19. KORPI, T., Kaksoisviirakoneiden retentioon vaikuttavia tekijöitä puupitoisen painopaperin valmistuksessa. Lisensiaattityö. Helsingin yliopisto, polymeerikemian laitos. Helsinki 1989. 86 s.
20. JÄRVINEN, R., Liuenneet aineet paperikoneen kiertovesijärjestelmässä. Helsinki 1982. INSKO, julkaisu 39-82. Paperikoneen määränpään kemia. 18 s.
21. VAHTILA, M., Kiertoveden koostumuksen vaikutus paperin ominaisuuksiin. Helsinki 1985. INSKO, julkaisu 191-85. Pinta- ja kolloidikemian sovellutukset paperikoneella.
22. LINHART, F., AUHORN, W., DEGEN, H., LORZ, R., Increased efficiency and quality in papermaking through control of detrimental substances ("anionic trash"). 1987 Papermakers Conference. Atlanta, GA. April 6-8 1987. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1987. s. 153-163.
23. AUHORN, W., MELZER, J., Improved efficiency of wet end additives in closed wet end systems through elimination of detrimental substances. 1979 Papermakers Conference. Boston, MA. April 9-11 1979. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1979. s. 49-66.
24. GAUNEN, A., Sources of thiosulfate in papermachine white water. Pulp and Paper Canada 83(1982)10. s. 20-28.
25. WENZL, D., Closure of paper and board mill production systems and its effects on production conditions. TAPPI 1981 Annual Meeting. Chicago, IL. March 2-5 1981. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1981. s. 95-109.
26. PÄRNÄNEN, P., Viiraretentio SC-syväpainopaperin valmistuksessa. Helsinki 1985. INSKO, julkaisu 191-85. Pinta- ja kolloidikemian sovellutukset paperikoneella. 23 s.
27. AUHORN, W., Das Störstoff-Problem bei Verringerung der spezifischen Abwassermenge. Wochenbl. Papierfabr. 112(1984)2. s. 37-48.

28. ALINCE, B., Effect of contaminants on filler retention in mechanical pulp. Paperi ja puu 69(1987)3. s. 230-233.
29. ALINCE, B., Performance of cationic retention aid in the presence of detrimental substances. 1987 Papermakers Conference. Atlanta, GA. April 6-8 1987. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1987. s. 165-168.
30. PÄRNÄNEN, P., Tutkimus liuenneiden ja kolloidisten aineiden sekä kaksoisviirarainaimen hallintasuureiden vaikutuksesta viiraretentioon SC-syväpainopaperin valmistuksessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, puunjalostustekniikan osasto, paperitekniikan laboratorio. Espoo 1985. 228 s.
31. FORD, P., Possible ways of identifying and measuring the effect of disturbing substances on wet end chemistry. 1987 Papermakers Conference. Atlanta, GA. April 6-8 1987. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1987. s. 147-151.
32. PENNIMAN, J., The importance of eliminating anionic trash. Paper Trade Journal 162(1978)7. s. 36-37.
33. PANULA, R., Hylyn kautta tulevat häiriöt. Turku 1988. INSKO, julkaisu 155-88. Paperinvalmistuksen määränpään kemia. 8 s.
34. EDWARDS, K., Wet end chemical control reduces recycled coated stock problems. Pulp & Paper 61(1987)2. s. 52-54.
35. LATIMER, J., Predicting "white pitch" problems-New test method. 1979 Coating Conference. May 21-23 1979. Julk. TAPPI. Atlanta, GA 1979. s. 87-90.
36. NEIMO, L., LAAMANEN, L., Puupitoisen painopaperin valmistus neutraali-pH:ssa. KCL:n seloste 1714. 1986.
37. JÄRVINEN, R., Kiertoveden anionisuus puupitoisen paperin valmistuksessa. KCL:n seloste 1874. 1989.

38. HEINONEN, E., FRISK, A., SÄRKKÄ, M., Juoma- ja talousveden tutkimusmenetelmät. Julk. Elintarviketutkijain seura ry. Helsinki 1969. 169 s.
39. BETTS, M., Turbidimeters solve suspended solids monitoring problems. Control Technology for Engineers and Engineering Management 61(1988)5. s. 75-78.
40. ANON., Wet-end chemistry - problem and answer. Paper 207(1987)6. s. 18,33.
41. RITALA, R., Paperirainan on-line-mittaukset. Kuitu- ja paperifysiikka. Teknillinen korkeakoulu. Espoo 1988. XIV, 19 s.
42. LINDSTRÖM, T., RYDEFALK, S., WÄGBERG, L., The development of an integrated retention control system. SPCI-84 World Pulp & Paper Week Proceedings. Stockholm. April 10-13 1984. s. 492-496.
43. KAUNONEN, A., Paperikoneen viiraretention mittaamisesta ja säätämisestä retentioaineen annostelulla. Lisensiaattityö. Tampereen teknillinen korkeakoulu, säätötekniikan laitos. Tampere 1985. 94 s.
44. CASEY, J., Retention chemistry. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. 3rd edition, volume III. Julk. Wiley-Interscience Publication. USA 1981. s. 1593-1607.
45. HALABISKY, D., Electrokinetics and surface chemistry. 1977 Retention and Drainage Seminar. Seattle, Wash. Nov. 14-16. Julk. Tappi, GA 1977. s. 6-8.
46. STRAZDINS, E., Chemical aids can offset strength loss in secondary fiber furnish use. Pulp and Paper 58(1984)3. s. 74.
47. SPRINGER, A., TAGGART, T., Quantitative evaluation of alternative methods of determining total charge. Tappi Journal 69(1986)5. s. 116-121.

48. HONKASALO, J., PK 1:n hylyn vaikutus pohjapaperin ominaisuuksiin ja hylyn luonnehtiminen. Tutkimus. Rauma-Repola Oy. Rauma 10/1989. 6 s.
49. LIKITALO, M., Rauma-Repola Oy. Henkilökohtainen tiedonanto. Rauma 1990.
50. ALAJÄÄSKI, M., Rauma-Repola Oy. Henkilökohtainen tiedonanto. Rauma 1990.
51. LAININEN, P., Todennäköisyyslasku ja tilastomatematiikka. Otakustantamon moniste 462. Espoo 1988. 254 s.
52. HONKASALO, J., Rauma-Repola Oy. Henkilökohtainen tiedonanto. Rauma 1990.
53. MIETTINEN, P., Rauma-Repola Oy. Henkilökohtainen tiedonanto. Rauma 1990.
54. RINTASALO, I., Rauma-Repola Oy. Henkilökohtainen tiedonanto. Rauma 1990.
55. ROBERTS, J., AU, C., CLAY, C., LOGH, C., The effect of C14-labelled starch on dry strength and formation. Tappi 69(1986)10. s. 81-82.

LIITTEET

1. Työssä käytetyt analyysimenetelmät
2. Seurantajakson yksityiskohtaiset ajo-olot
3. Seurantajakson alkuperäiset mittaustulokset
4. Hiokkeen, sellun, hylyn sekä paperikoneen ja hiomon 0-veden eri kemiallisten ominaisuuksien aikasarjat seurantajakson aikana
5. Korrelaatiokertoimien tilastollisen merkitsevyyden rajat muutamalla havaintojen lukumäärällä
6. Hylkykoesarjan yksityiskohtaiset ajo-olosuhteet
7. Hylkykoesarjan mittaustulokset
8. Tärkkelyskoesarjan mittaustulokset
9. Yksityiskohtaiset ajo-olosuhteet peroksidivalkaistun ajon aikana
10. Peroksidivalkaistun ajon mittaustulokset

TYÖSSÄ KÄYTETYT ANALYYSIMENETELMÄT

Sakeus:	Scan-MI:64
Massan tuhka:	Scan-C 6:62
Hienoaines:	Tappi T261pm-80 -menetelmää sovel- taen
Johtokyky:	SFS 3022
Hehkutusjäännös:	SFS 3008
COD _{Mn} :	SFS 3036
Anionisuus:	Keskuslaboratorio Oy:n analyysimene- telmä n:o 219:86.
DKM-uute :	Lääketehtäas Medica Oy. Käyttöohje Tecator Soxtec HT-2 -analyysilait- teistolle.
Viiraveden tark- kelyspitoisuus:	Raision Tehtaat Oy. Työohje spektra- fotometrilaiteistolle.
Vetolujuus:	Autoline-mittaus, SCAN P38:80
Repäisylujuus:	Autoline-mittaus, SCAN P11:73
Formaatio:	β-säteilyyn perustuva mittaus, Ambertec Oy:n analyysilaitteisto

RETENTIOIDEN LASKEMISESSA KÄYTETYT KAAVAT

Kokonaisretentio:

$$R_{\text{kok}} = \frac{C_{\text{HB}} - k * C_{\text{WW}}}{C_{\text{HB}}}$$

Hienoainesretentio:

$$R_{\text{ha}} = \frac{C_{\text{ha1}} * C_{\text{HB}} - k * C_{\text{ha2}} * C_{\text{WW}}}{C_{\text{ha1}} * C_{\text{HB}}}$$

Tuhkaretentio:

$$R_{\text{t}} = \frac{C_{\text{t1}} * C_{\text{HB}} - k * C_{\text{t2}} * C_{\text{WW}}}{C_{\text{t1}} * C_{\text{HB}}}$$

 C_{HB} = perälaatikon sakeus C_{WW} = viirakaivon sakeus C_{ha1} = perälaatikon hienoainespitoisuus C_{ha2} = viiraveden hienoainespitoisuus C_{t1} = perälaatikon tuhkapitoisuus C_{t2} = viiraveden tuhkapitoisuus k = tehdas- ja konekohtainen vakio,Raumalla $k = 0,9$

SEURANTAJAKSON YKSITYISKOHTAISET AJO-OLOT

päivä	11.1.	12.1.	13.1.	14.1.	15.1.	16.1.	17.1.	18.1.	19.1.	20.1.	20.1.
kello	7.40	7.40	8.00	7.15	--	7.45	7.35	7.45	7.45	7.50	16.15
paperilaji											
-koodi	6096	6096	5495	5495		5495	6596	6096	6096	6590	5790
-koner,nro	264	292	319	343		390	403	430	456	484	496
massat											
-sellu-%	42	42	42	41		39	51	41	39	40	38
-hioke-%	46	45	46	49		51	39	48	50	53	54
-hylky-%	49	46	47	40		40	45	52	52	40	42
-sellu, CsF	560	560	565	565		545	565	535	545	590	570
-hioke, CsF	48	49	50	46		38	38	42	42	57	53
-hylky, CsF	105	123	130	122		104	111	127	130	131	124
lisäaineet											
-aluna, l/min	7,0	7,0	7,0	7,0		7,0	7,0	7,0	7,3	6,7	6,8
-tärkk, l/min	20	20	20	20		0	20	22	21	0	0
-retentio-											
aine, l/min.	14,0	11,0	11,0	10,0		10,0	9,0	9,0	8,9	8,9	8,7
-bentoniit-											
ti, l/min.	34	35	35	34		34	34	35	35	35	34
-mikrotalk-											
ki, l/min.	7,0	6,8	7,0	7,0		7,0	7,0	7,0	7,0	6,9	6,9
paperikonetiedot											
-viiran nop.											
m/min.	956	966	966	966		966	941	944	944	944	944
-perän paine,											
bar	1,23	1,26	1,26	1,26		1,27	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21
-perä lpt, °C	50	48	48	48		50	49	50	49	50	50
-huuli, mm	11,0	11,5	11,9	10,9		11,1	10,9	11,0	11,0	11,0	11,0
-etuseinä	8,6	8,5	9,0	8,9		8,9	8,7	8,8	8,8	8,8	8,8
-suihkus.	0,980	0,980	0,980	0,980		0,984	0,984	0,984	0,984	0,984	0,984
-tasoimul.											
tyhjö, bar	0,18	0,18	0,18	0,19		0,20	0,20	0,20	0,17	0,18	0,18
valkaisuolot											
-borol, l/min	--	--	--	--		--	--	10	10	10	--
-H ₂ O ₂ -valk.											
massa, m ³	--	--	--	--		--	--	--	--	--	--
pastaresepti	25	25,28	28	28,33		33	33,28	28	28	69	69
Measurex-tiedot											
-neliömassa	39,60	39,97	39,47	40,10		38,78	44,70	40,32	39,93	42,66	39,05
-kosteus, %	2,62	2,13	2,07	2,11		2,34	2,84	2,38	2,18	2,18	2,33
-tuhkapit, %	12,06	12,97	11,35	9,58		6,87	8,75	10,28	10,69	8,36	8,33

SEURANTAJAKSON ALKUPERÄISET MITTAUSTULOKSET

KOEPISTE 1

OMINAISUUS	SELLU	HIOKE	HYLKY	KONE- KYYPPI	PERÄ- LAATIKKO	VIIRA- KAIVO	HIOMON 0-VESI	PK:n 0-VESI
pH	4,3	4,6	4,8	4,6	4,6	4,6	4,7	4,7
Sakeus, g/l	32,835	39,431	27,799	31,302	7,764	3,454	0,244	1,06
Hienoaines-%	--	--	--	--	--	--	--	--
Tuhka, %	1,32	1,16	25,16	16,00	25,23	43,18	14,71	41,57
Kokonaisretentio, %					59,9			
Tuhkaretentio, %					31,6			
Hienoainesretentio, %					--			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,306	0,401	0,411	0,185	0,388	0,573	0,285	0,325
-hienoaines	0,042	0,002	0,128	-0,013	0,010	0,008	--	--
-neste	-0,018	-0,010	-0,032	-0,033	-0,041	-0,048	0,059	0,026
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	350	631	537	355	321	288	474	378
Hehkutusjäännös, mg/l	0	0	0	0	0	276	320	340
Johtokyky, µS/cm	1040	1341	1019	1043	867	726	877	870

KOEPISTE 2

pH	4,2	4,6	5,0	4,5	4,6	4,6	4,8	4,8
Sakeus, g/l	33,720	39,704	29,352	33,343	8,361	4,386	0,288	1,063
Hienoaines-%	9,43	37,27	54,97	42,63	61,23	93,33	--	--
Tuhka, %	1,21	1,26	28,79	17,73	29,04	47,01	17,33	48,22
Kokonaisretentio, %					52,8			
Tuhkaretentio, %					23,5			
Hienoainesretentio, %					27,9			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,289	0,300	0,403	0,384	0,457	0,629	0,292	0,434
-hienoaines	0,044	0,124	0,153	0,063	0,082	0,090	--	--
-neste	-0,014	-0,012	0,029	-0,008	-0,006	-0,004	0,077	0,069
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	292	371	274	267	245	254	410	316
Hehkutusjäännös, mg/l	1012	1191	1174	1334	585	497	530	470
Johtokyky, µS/cm	899	913	900	956	730	697	712	665

KOEPISTE 3

OMINAISUUS	SELLU	HIOKE	HYLKY	KONE- KYYPPI	PERÄ- LAATIKKO	VIIRA- KAIVO	HIOMON O-VESI	PK:n O-VESI
pH	4,3	4,6	5,0	4,6	4,7	4,7	4,7	4,7
Sakeus, g/l	34,007	39,984	34,331	36,092	9,481	5,568	0,340	1,41
Hienoaines-%	21,70	36,53	53,30	51,17	55,53	90,23	--	--
Tuhka, %	1,70	1,88	30,49	20,31	32,31	48,78	31,88	49,69
Kokonaisretentio, %					47,2			
Tuhkaretentio, %					20,3			
Hienoainesretentio, %					27,2			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,287	0,333	0,374	0,376	0,539	0,643	0,402	0,544
-hienoaines	0,083	0,105	0,206	0,145	0,402	0,461	--	--
-neste	0,014	0,017	0,031	0,011	0,036	0,052	0,120	0,092
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	249	586	298	361	303	290	438	330
Hehkutusjäännös, mg/l	793	1333	572	1323	411	130	280	440
Johtokyky, μS/cm	998	973	996	987	822	806	739	736

KOEPISTE 4

pH	4,4	4,9	5,0	4,8	4,8	4,8	5,3	4,9
Sakeus, g/l	37,159	39,781	28,070	32,060	8,568	4,304	0,182	0,97
Hienoaines-%	16,23	35,47	49,77	41,09	63,22	91,50	--	--
Tuhka, %	0,91	1,42	23,84	12,97	27,61	44,25	24,23	42,94
Kokonaisretentio, %					54,8			
Tuhkaretentio, %					27,6			
Hienoainesretentio, %					34,6			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,210	0,396	0,440	0,406	0,556	0,715	0,764	0,485
-hienoaines	0,109	0,087	0,147	0,101	0,170	0,259	--	--
-neste	-0,005	0,015	0,026	0,006	0,023	0,059	0,342	0,100
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	446	345	150	214	246	318	526	326
Hehkutusjäännös, mg/l	1486	663	1216	1069	543	258	750	650
Johtokyky, μS/cm	1090	1392	1057	1143	917	884	1256	890

KOEPISTE 5

OMINAISUUS	SELLU	HIOKE	HYLKY	KONE- KYYPPI	PERÄ- LAATIKKO	VIIRA- KAIVO	HIOMON O-VESI	PK:n O-VESI
pH	4,3	4,8	5,0	4,6	4,8	4,8	4,7	4,7
Sakeus, g/l	31,423	40,000	26,970	32,247	7,864	3,742	0,299	1,108
Hienoaines-%	14,54	41,88	45,43	37,34	58,89	90,53	--	--
Tuhka, %	1,18	1,32	22,34	12,43	22,86	38,41	32,59	50,24
Kokonaisretentio, %					57,2			
Tuhkaretentio, %					28,6			
Hienoainesretentio, %					34,2			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,364	0,346	0,358	0,329	0,521	0,661	0,188	0,346
-hienoaines	0,198	0,089	0,113	0,083	0,117	0,194	--	--
-neste	-0,004	0,004	0,017	0,005	0,016	0,037	0,062	0,051
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	293	587	396	494	336	309	468	376
Hehkutusjäännös, mg/l	0	0	0	0	0	75	280	450
Johtokyky, µS/cm	964	1013	926	1021	805	752	775	747

KOEPISTE 6

pH	4,2	4,6	5,1	4,6	4,8	4,8	4,8	4,7
Sakeus, g/l	33,113	40,812	27,253	32,849	8,503	3,440	0,309	0,830
Hienoaines-%	4,30	35,87	43,77	36,12	53,93	88,62	--	--
Tuhka, %	0,85	1,00	21,31	12,57	22,43	42,31	17,55	40,62
Kokonaisretentio, %					63,6			
Tuhkaretentio, %					31,3			
Hienoainesretentio, %					40,1			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,228	0,284	0,265	0,240	0,356	0,169	0,162	0,266
-hienoaines	0,042	0,042	0,069	0,081	0,058	0,154	--	--
-neste	-0,014	0,005	0,013	0,025	0,019	0,002	0,060	0,060
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	640	626	527	438	408	316	476	356
Hehkutusjäännös, mg/l	442	680	0	219	425	344	330	280
Johtokyky, µS/cm	773	830	818	854	675	625	636	674

KOEPISTE 7

OMINAISUUS	SELLU	HIOKE	HYLKY	KONE- KYPPI	PERÄ- LAATIKKO	VIIRA- KAIVO	HIOMON O-VESI	PK:n O-VESI
pH	4,1	4,7	4,9	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8
Sakeus, g/l	33,633	40,029	26,285	31,013	7,798	3,491	0,358	0,684
Hienoaines-%	8,22	40,71	44,62	39,71	60,92	89,43	--	--
Tuhka, %	0,87	1,05	20,27	13,74	23,00	40,14	13,81	40,82
Kokonaisretentio, %					59,7			
Tuhkaretentio, %					29,7			
Hienoainesretentio, %					40,9			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,233	0,289	0,250	0,258	0,343	0,485	0,196	0,172
-hienoaines	0,071	0,069	0,105	0,159	0,025	0,174	--	--
-neste	-0,002	0,003	0,008	0,009	0,009	0,022	0,067	0,060
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	381	827	543	414	400	323	494	374
Hehkutusjäännös, mg/l	0	0	0	103	182	256	300	160
Johtokyky, μS/cm	807	947	797	848	733	647	635	650

KOEPISTE 8

pH	4,0	4,6	4,8	4,4	4,5	4,5	4,8	4,7
Sakeus, g/l	33,306	38,158	27,282	31,142	7,744	3,555	0,438	0,767
Hienoaines-%	10,11	31,33	42,53	41,28	55,27	89,72	--	--
Tuhka, %	0,97	1,40	22,39	15,63	24,78	41,99	15,94	41,86
Kokonaisretentio, %					58,7			
Tuhkaretentio, %					30,0			
Hienoainesretentio, %					33,0			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,226	0,334	0,311	0,285	0,436	0,475	0,261	0,333
-hienoaines	0,064	0,088	0,169	0,087	0,107	0,153	--	--
-neste	0,002	0,011	0,021	0,007	0,025	0,039	0,071	0,085
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	178	738	618	540	382	277	398	372
Hehkutusjäännös, mg/l	111	0	0	311	336	261	300	210
Johtokyky, μS/cm	910	1056	846	924	769	584	760	727

KOEPISTE 9

OMINAISUUS	SELLU	HIOKE	HYLKY	KONE- KYYPPI	PERÄ- LAATIKKO	VIIRA- KAIVO	HIOMON O-VESI	PK:n O-VESI
pH	4,3	4,6	4,7	4,6	4,5	4,4	4,7	4,6
Sakeus, g/l	30,984	39,214	25,731	32,001	7,633	3,289	0,573	0,883
Hienoaines-%	4,42	33,39	47,92	36,00	53,29	86,51	--	--
Tuhka, %	1,29	1,52	24,81	11,51	20,12	35,94	10,02	38,96
Kokonaisretentio, %					61,2			
Tuhkaretentio, %					30,9			
Hienoainesretentio, %					37,1			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,344	0,273	0,263	0,317	0,365	0,464	0,245	0,274
-hienoaines	0,096	-0,147	0,052	0,028	0,055	0,110	--	--
-neste	-0,008	-0,007	0,012	-0,001	0,014	0,024	0,086	0,067
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	310	497	274	149	290	292	548	402
Hehkutusjäännös, mg/l	0	0	0	0	229	285	320	260
Johtokyky, μS/cm	1890	1935	772	1941	845	672	765	807

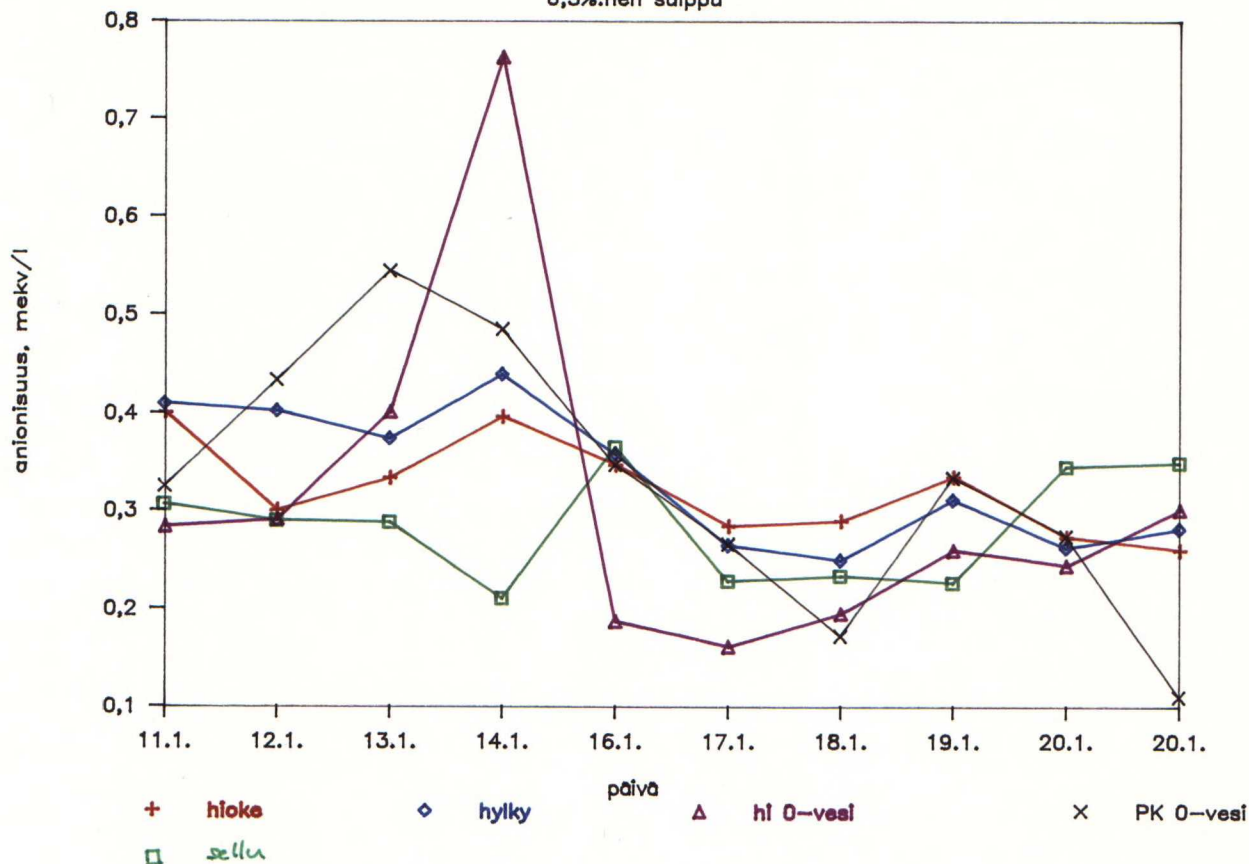
KOEPISTE 10

pH	4,3	4,6	5,7	4,8	4,4	4,4	4,8	4,7
Sakeus, g/l	30,018	39,052	29,648	32,636	7,508	3,299	0,500	0,341
Hienoaines-%	14,03	37,82	49,62	37,91	58,03	90,51	--	--
Tuhka, %	1,23	1,35	25,54	12,90	20,94	36,05	6,94	42,94
Kokonaisretentio, %					60,5			
Tuhkaretentio, %					31,9			
Hienoainesretentio, %					38,3			
Anionisuus, mekv/l								
-sulppu	0,348	0,260	0,282	0,282	0,395	0,497	0,302	0,110
-hienoaines	0,068	0,031	0,101	0,022	0,075	0,153	--	--
-neste	-0,001	-0,004	0,026	0,010	0,023	0,056	0,088	0,093
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	320	312	356	348	230	326	530	370
Hehkutusjäännös, mg/l	200	521	692	109	400	352	380	440
Johtokyky, μS/cm	2522	2656	2006	990	753	742	724	651

HIOKKEEN, SELLUN, HYLYN SEKÄ PAPERIKONEEN JA HIOMON O-VEDEN
ERI KEMIAALLISTEN OMINAISUUKSIEN AIKASARJAT SEURANTAJAKSON AIKANA

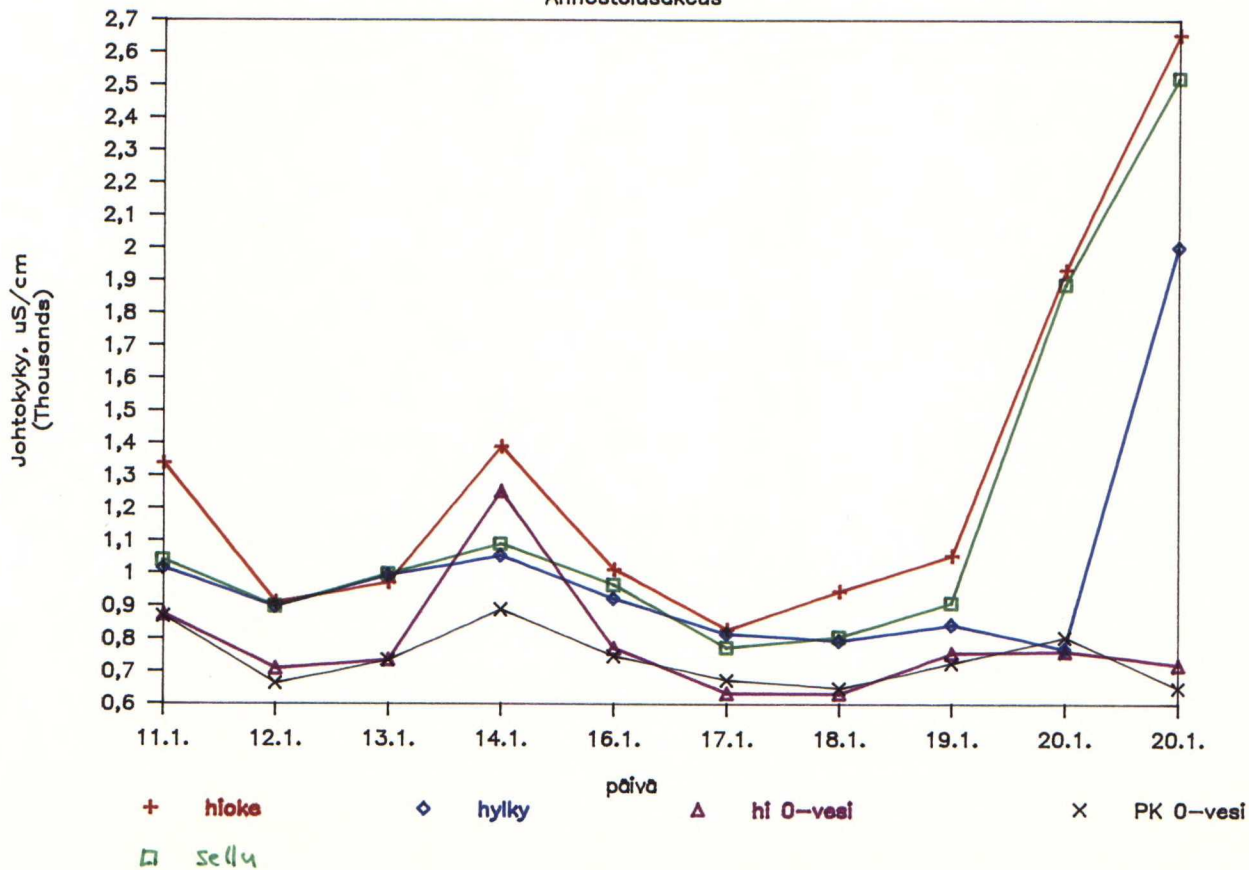
Anionisuusvaihtelut ajojakson aikana

0,3%:nen sulppu

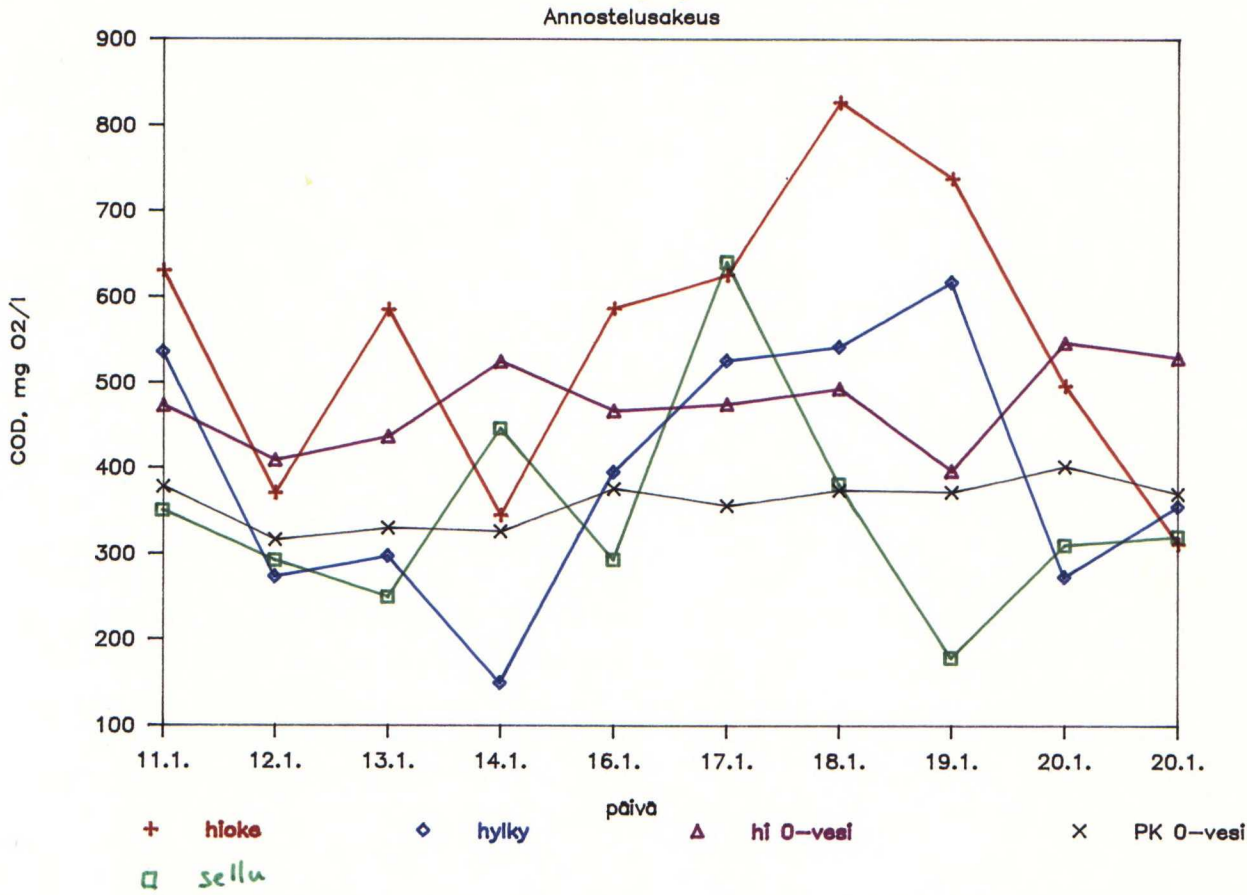


Johtokykyvaihtelut ajojakson aikana

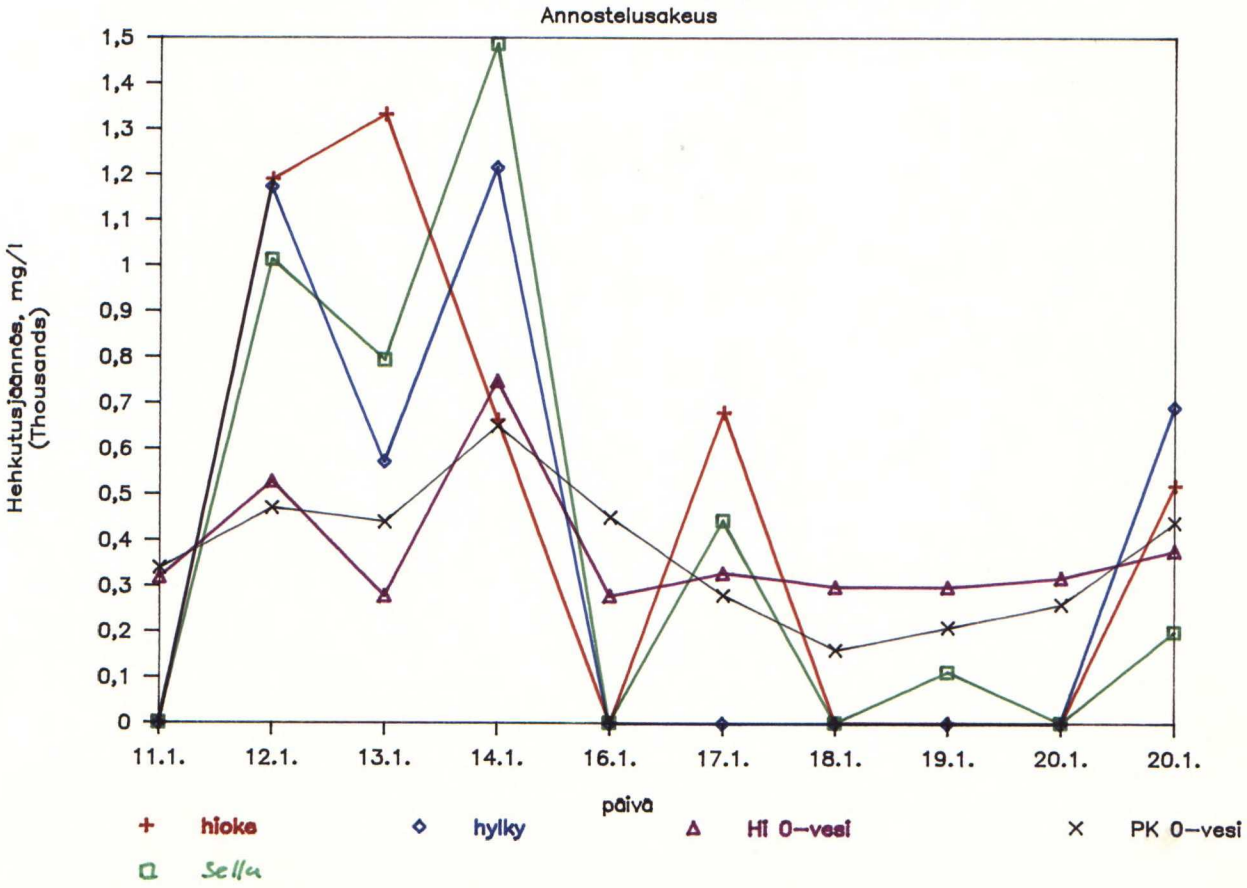
Annostelusakeus



COD-vaihtelut ajojakson aikana



Hekutusj.-vaihtelut ajojakson aikana



KORRELAATIOKERTOIMIEN TILASTOLLISEN MERKITSEVYYDEN RA-
JAT MUUTAMALLA HAVAINTOJEN LUKUMÄÄRÄLLÄ

- merkitsevyys testattu t-testillä

n	$\alpha = 0,05^*$	$\alpha = 0,01^{**}$	$\alpha = 0,001^{***}$
8	0,865	0,808	0,899
9	0,650	0,776	0,875
10	0,619	0,746	0,851
.			
.			
.			
19	0,453	0,570	0,686
20	0,441	0,557	0,672

*** korrelaatio tilastollisesti erittäin merkitsevä
(99,9 %:n luotettavuustaso)

** korrelaatio tilastollisesti merkitsevä
(99 %:n luotettavuustaso)

* korrelaatio tilastollisesti melkein merkitsevä
(95 %:n luotettavuustaso)

Pvm	27.2.	28.2.	2.3.	2.3.	2.3.
Klo	18.00	8.00	9.00	13.00	16.00
Näytteen n:o	13	14	18 ¹⁾	19	20
Paperilaji					
-koodi	6096	5796	6590	6590	6590
-konerullan n:o	1376	1395	1458	1461	1465
Massat					
-sellun osuus, % (tm)	42	43	40	39	40
-hiokkeen osuus, % (tm)	50	50	55	55	55
-hylvyn osuus, % (kokon)	30	30	21	21	19
-sellun virtaama, l/min.	3000	3200	3450	3500	3176
-hiokkeen virtaama, l/min.	3360	2700	4770	4800	4800
-hylvyn virtaama, l/min.	4000	4000	3000	3000	3000
-sellun CsF, ml	555	550	550	560	560
-hiokkeen CsF, ml	44	55	49	48	50
-hylvyn CsF, ml	126	128	118	108	108
Paperikonatiedot					
-viiran nopeus, m/min.	979	978	938	939	939
-peräl. paine, bar	1,29	1,29	1,19	1,19	1,19
-peräl. lpt, °C	50	49	51	50	50
-huulilaukko, mm	11,9	11,9	11,9	11,9	11,8
-etuseinän asento, mm	10,3	10,3	10,3	10,3	10,4
-suihkusuuhde	0,980	0,980	0,980	0,980	0,980
-tasoiimulaatik. tyhjöt, bar	0,19	0,19	0,19	0,19	0,22
-1.pr linjapaine, kN/m	80	80	80	80	80
-2.pr linjapaine, kN/m	88	88	89	89	88
-3.pr linjapaine, kN/m	118	118	110	110	110
-4.pr linjapaine, kN/m	123	123	70	70	70
-välikalanteri linjap., kN/m	25	25	11	11	11
Borol-annostus, l/min.	--	--	--	--	--
Pastaresepti, n:o	45	45	69	69	69
Paperikoneelle tullut kemi- allisesti puhdistettu vesi- määrä, m ³ /vrk				5420	
Measurex-tiedot (pohjapaperi)					
-neliömassa, g/m ²	38,97	38,60	42,35	42,44	42,32
-kosteus, %	2,37	2,37	2,53	2,63	2,63
-tuhkapitoisuus, %	7,38	8,93	5,80	5,64	5,59
Retentioaineannostus, l/min.	13	13	12	12	11

1) Valkeistun ajon aikana ei rekisteröity paperikoneen ajo-olosuhteita.

HYLKYYKOESARJAN MITTAUSTULOKSET

NÄYTE 1

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,6	4,4	4,4	4,8	4,5	4,5
Sakeus, g/l	18,410	7,41	3,401	21,469	7,456	3,410
Hienoaines-%	39,12	41,59	89,11	44,22	58,02	90,42
Tuhka, %	20,88	19,66	36,06	20,71	20,84	37,56
Kokonaisretentio, %		58,7			58,8	
Tuhkaretentio, %		24,2			25,8	
Hienoainesretentio, %		--			35,6	
Anionisuus,						
mekv/l	0,290	0,483	0,452	0,225	0,413	0,413
COD _{Mn} ,						
mg O ₂ /l	466	390	322	243	293	300
Johtokyky,						
µS/cm	920	933	750	844	783	707
Hehkutusj.						
mg/l	245	321	340	72	149	91
DKM-uute, mg/l		1,10			1,15	

NÄYTE 2

NÄYTE 3

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,8	4,5	4,5	4,7	4,4	4,4
Sakeus, g/l	22,641	7,622	3,547	20,577	7,462	3,439
Hienoaines-%	83,91	68,24	89,51	43,19	57,71	89,58
Tuhka, %	21,16	22,25	38,36	20,12	20,01	32,57
Kokonaisretentio, %		58,1			58,5	
Tuhkaretentio, %		27,8			32,4	
Hienoainesretentio, %		45,0			35,6	
Anionisuus,						
mekv/l	0,106	0,377	0,441	0,233	0,316	0,377
COD _{Mn} ,						
mg O ₂ /l	302	285	281	206	259	227
Johtokyky,						
µS/cm	377	760	670	706	662	600
Hehkutusj.,						
mg/l	0	152	520	480	572	504
DKM-uute, mg/l		1,20			1,24	

NÄYTE 4

NÄYTE 5

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,7	4,4	4,4	4,7	4,4	4,3
Sakeus, g/l	22,485	7,696	3,699	27,037	7,875	3,789
Hienoaines-%	44,92	59,70	90,90	43,19	59,89	92,62
Tuhka, %	19,92	22,04	37,92	22,28	24,02	40,54
Kokonaisretentio, %		56,7			56,7	
Tuhkaretentio, %		25,6			26,9	
Hienoainesretentio, %		34,1			33,0	
Anionisuus,						
mekv/l	0,220	0,355	0,382	0,106	0,310	0,394
COD _{Mn} ,						
mg O ₂ /l	75	257	244	108	194	258
Johtokyky,						
µS/cm	764	667	598	315	646	602
Hehkutusj.,						
mg/l	375	641	481	1172	578	493
DKM-uute, mg/l		1,17			1,18	

NÄYTE 6

NÄYTE 7

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,9	4,3	4,3	4,9	4,3	4,3
Sakeus, g/l	28,283	8,699	4,349	26,967	8,519	4,361
Hienoaines-%	44,90	62,89	90,49	46,44	65,01	91,29
Tuhka, %	26,27	26,06	44,09	25,58	26,40	42,95
Kokonaisretentio, %		55,0			53,9	
Tuhkaretentio, %		23,9			25,0	
Hienoainesretentio, %		35,4			35,3	
Anionisuus,						
mekv/l	0,108	0,386	0,507	0,316	0,390	0,502
COD _{Mn} ,						
mg O ₂ /l	75	278	319	108	295	305
Johtokyky,						
µS/cm	462	974	947	1115	946	861
Hehkutusj.,						
mg/l	471	638	681	1258	852	640
DKM-uute, mg/l		1,19			1,18	

NÄYTE 8

NÄYTE 9

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,6	4,3	4,3	4,7	4,3	4,3
Sakeus, g/l	25,884	8,209	4,209	24,799	7,451	3,587
Hienoaines-%	42,70	65,66	91,33	41,90	55,55	88,48
Tuhka, %	23,12	24,61	40,28	22,57	19,80	35,74
Kokonaisretentio, %		53,9			56,8	
Tuhkaretentio, %		24,5			21,8	
Hienoainesretentio, %		35,9			30,9	
Anionisuus, mekv/l	0,365	0,394	0,481	0,358	0,365	0,450
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	311	449	373	628	377	325
Johtokyky, µS/cm	1053	900	833	926	802	729
Hehkutusj., mg/l	1294	684	589	165	373	383
DKM-uute, mg/l		1,11			0,95	

NÄYTE 10

NÄYTE 11

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,8	4,3	4,3	4,7	4,3	4,3
Sakeus, g/l	22,863	7,647	3,511	27,515	7,424	3,256
Hienoaines-%	45,29	57,28	88,10	49,49	57,39	88,38
Tuhka, %	23,65	18,78	33,52	22,62	16,13	29,16
Kokonaisretentio, %		58,7			60,5	
Tuhkaretentio, %		26,2			28,6	
Hienoainesretentio, %		36,5			39,3	
Anionisuus, mekv/l	0,310	0,363	0,454	0,311	0,384	0,523
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	579	413	337	679	411	384
Johtokyky, µS/cm	876	775	719	954	758	699
Hehkutusj., mg/l	305	255	304	92	247	402
DKM-uute, mg/l		1,12			1,17	

NÄYTE 12

NÄYTE 13

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	5,0	4,5	4,5	4,8	4,3	4,3
Sakeus, g/l	27,781	7,397	3,474	27,305	7,380	3,528
Hienoaines-%	47,70	57,49	88,89	50,65	58,09	89,58
Tuhka, %	25,09	19,02	33,53	24,82	19,19	33,16
Kokonaisretentio, %		57,7			57,0	
Tuhkaretentio, %		25,5			25,6	
Hienoainesretentio, %		34,6			33,6	
Anionisuus, mekv/l	0,315	0,430	0,509	0,394	0,420	0,537
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	796	454	382	692	448	376
Johtokyky, µS/cm	824	710	662	774	713	660
Hehkutusj., mg/l	648	518	394	637	418	400
DKM-uute, mg/l		1,08			1,22	

NÄYTE 14

NÄYTE 18

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,8	4,3	4,3	4,9	4,4	4,4
Sakeus, g/l	22,215	7,085	2,736	22,502	7,149	2,708
Hienoaines-%	48,68	53,68	89,67	50,01	55,11	91,79
Tuhka, %	25,29	12,96	26,13	23,69	12,54	26,01
Kokonaisretentio, %		65,2			65,9	
Tuhkaretentio, %		29,9			29,3	
Hienoainesretentio, %		41,9			43,2	
Anionisuus, mekv/l	0,434	0,515	0,651	0,360	0,459	0,579
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	741	482	432	795	448	372
Johtokyky, µS/cm	1037	869	855	1005	898	849
Hehkutusj., mg/l	370	401	510	450	286	480
DKM-uute, mg/l		1,47			1,43	

NÄYTE 19

NÄYTE 20

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	5,1	4,4	4,5
Sakeus, g/l	23,549	7,050	2,660
Hienoaines-%	50,28	53,69	91,28
Tuhka, %	24,11	12,32	25,91
Kokonaisretentio, %		66,0	
Tuhkaretentio, %		28,6	
Hienoainesretentio, %		42,3	
Anionisuus,			
mekv/l	0,343	0,426	0,550
COD _{Mn} ,			
mg O ₂ /l	581	371	386
Johtokyky,			
µS/cm	1052	853	814
Hehkutusj.,			
mg/l	314	376	450
DKM-uute, mg/l		1,20	

TÄRKKELYSKOESARJAN MITTAUSTULOKSET

NÄYTE 1			NÄYTE 2		
OMINAISUUS	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	
Sakeus, g/l	7,736	3,271	7,491	3,540	
Hienoaines-%	57,39	92,49	59,03	93,50	
Tuhka, %	21,41	36,80	19,52	35,55	
Kokonaisretentio, %	61,9		57,5		
Tuhkaretentio, %	34,6		22,5		
Hienoainesretentio, %	38,7		32,6		
Anionisuus,					
mekv/l		0,744		0,440	
COD _{Mn} ,					
mg O ₂ /l		353		314	
Johtokyky,					
µS/cm		1653		799	
Hehkutusj.,					
mg/l		403		543	
Liennut tärkkelys,					
mg/l		--		--	
NÄYTE 3			NÄYTE 4		
OMINAISUUS	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	
Sakeus, g/l	7,619	3,590	7,529	3,595	
Hienoaines-%	62,11	93,57	60,49	91,59	
Tuhka, %	20,91	36,51	19,99	36,69	
Kokonaisretentio, %	57,6		57,0		
Tuhkaretentio, %	26,0		21,1		
Hienoainesretentio, %	36,1		34,9		
Anionisuus,					
mekv/l		0,471		0,465	
COD _{Mn} ,					
mg O ₂ /l		345		285	
Johtokyky,					
µS/cm		759		685	
Hehkutusj.,					
mg/l		562		192	
Liennut tärkkelys,					
mg/l		--		3,726	

NÄYTE 5

OMINAISUUS	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
Sakeus, g/l	7,650	3,768
Hienoaines-%	60,01	91,32
Tuhka, %	21,26	37,78
Kokonaisretentio, %	55,7	
Tuhkaretentio, %	21,2	
Hienoainesretentio, %	32,5	
Anionisuus,		
mekv/l		0,410
COD _{Mn} ,		
mg O ₂ /l		271
Johtokyky,		
µS/cm		648
Hehkutusj.,		
mg/l		226
Liennut tärkkelys,		
mg/l		3,079

NÄYTE 6

PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
7,488	3,588
59,69	92,18
22,81	40,71
56,9	
23,0	
33,4	
	0,420
	282
	688
	215
	3,326

NÄYTE 7

OMINAISUUS	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
Sakeus, g/l	7,508	3,519
Hienoaines-%	59,03	93,39
Tuhka, %	22,15	39,88
Kokonaisretentio, %	57,8	
Tuhkaretentio, %	24,1	
Hienoainesretentio, %	33,2	
Anionisuus,		
mekv/l		0,434
COD _{Mn} ,		
mg O ₂ /l		265
Johtokyky,		
µS/cm		651
Hehkutusj.,		
mg/l		223
Liennut tärkkelys,		
mg/l		3,669

NÄYTE 8

PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
7,603	3,650
60,89	92,87
21,25	36,54
56,8	
25,7	
34,1	
	0,487
	285
	529
	110
	3,973

NÄYTE 9

OMINAISUUS	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
Sakeus, g/l	7,617	3,553
Hienoaines-%	61,09	93,68
Tuhka, %	20,95	36,64
Kokonaisretentio, %	58,0	
Tuhkaretentio, %	26,6	
Hienoainesretentio, %	36,2	
Anionisuus,		
mekv/l		0,432
COD _{Mn} ,		
mg O ₂ /l		270
Johtokyky,		
µS/cm		600
Hehkutusj.,		
mg/l		189
Liennut tärkkelys,		
mg/l		4,201

NÄYTE 10

PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
7,747	3,623
59,61	93,33
22,04	38,27
57,9	
26,9	
34,1	
	0,418
	266
	545
	133
	3,345

NÄYTE 11

OMINAISUUS	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
Sakeus, g/l	7,836	3,687
Hienoaines-%	63,51	92,18
Tuhka, %	22,29	38,71
Kokonaisretentio, %	57,7	
Tuhkaretentio, %	26,5	
Hienoainesretentio, %	36,5	
Anionisuus,		
mekv/l		0,434
COD _{Mn} ,		
mg O ₂ /l		273
Johtokyky,		
µS/cm		567
Hehkutusj.,		
mg/l		270
Liennut tärkkelys,		
mg/l		3,593

YKSITYISKOHTAISET AJON AIKANA AJO-OLOSUHTEET PEROKSIDIVALKAISTUN

Pvm	28.3.	28.3.	28.3.	29.3.	29.3.	29.3.	30.3.	30.3.	30.3.	31.3.	31.3.	31.3.	1.4.
Klo	8.00	11.00	15.00	8.00	11.00	15.00	8.00	11.00	14.00	10.00	14.00	10.00	8.00
Näytteen n:o	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	10	12
Paperilaji													
-koodi	6596	6596	6596	5796	5796	5796	5796	5796	6096	5796	5796	5796	5496
-konerullan n:o	2146	2150	2155	2177	2180	2185	2206	2211	2214	2237	2242	2237	2264
Messat													
-sellun osuus, % (tm)	43	41	40	44	43	44	42	42	42	44	44	44	42
-hiokkeen osuus, % (tm)	47	52	53	48	49	48	50	50	50	47	47	47	52
-hylvyn osuus, % (kokon)	36	38	37	39	48	49	49	49	49	42	30	30	28
-sellun virtaama, l/min.	2850	2820	2800	2430	2330	2400	2270	2320	2720	2800	3050	3050	3116
-hiokkeen virtaama, l/min.	3365	3300	3280	2500	2230	2300	2390	2480	2690	2950	3090	3090	3585
-hylvyn virtaama, l/min.	5300	5300	5300	5950	6900	7000	7000	7000	7000	5500	5500	5500	3900
-sellun CsF, ml	560	535	565	530	535	570	560	550	545	570	580	570	565
-hiokkeen CsF, ml	46	46	51	43	42	47	50	51	49	48	48	48	53
-hylvyn CsF, ml	121	121	127	123	123	138	129	128	133	119	123	119	118
Paperikonetiedot													
-viiran nopeus, m/min.	934	934	934	934	939	949	968	968	968	968	968	968	968
-peräl. paine, bar	1,16	1,16	1,16	1,16	1,17	1,20	1,20	1,20	1,23	1,26	1,26	1,26	1,26
-peräl. lpt, °C	50	50	50	51	48	48	48	48	49	48	48	48	50
-huuhtaukko, mm	11,4	11,4	11,5	11,4	11,4	11,7	12,1	12,0	13,2	13,2	13,2	13,2	13,3
-etuseinän asento, mm	9,3	9,3	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4	9,4	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
-suihkusuhte	0,970	0,970	0,970	0,970	0,970	0,970	0,970	0,980	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978
-tasomuleetik. tyhjöt, bar	0,19	0,19	0,19	0,19	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26
-1.pr linjepaine, kN/m	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
-2.pr linjepaine, kN/m	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
-3.pr linjepaine, kN/m	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
-4.pr linjepaine, kN/m	106	106	105	105	95	78	100	100	100	100	100	100	100
-välikalenteri linjep., kN/m	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Peroksidivalkaistun													
massen annostus, m ³ /min.	2,5	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0
Pastaresepti, n:o	46	46	46	46	46	46	46	47	47	47	47	47	47
Paperikoneelle tullut kemi-													
alliseesti puhdistettu vesi-													
määrä, m ³ /vrk													
Messurex-tiedot (pohjapeperi)													
-neliömassa, g/m ²	42,65	42,61	42,77	38,65	38,56	38,84	38,53	39,10	38,55	39,38	39,14	39,38	39,58
-kosteus, %	2,39	2,50	2,54	2,23	2,24	2,46	2,42	2,52	2,33	2,44	2,46	2,44	2,50
-tuhkapitoisuus, %	7,19	7,02	7,73	7,51	8,21	7,82	7,92	8,07	7,75	8,76	8,44	8,76	5,78
Retentiosineannostus, l/min.	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	11	10	11

Pvm	1.4.	1.4.	2.4.	2.4.	3.4.	3.4.	4.4.	4.4.
Klo	10.00	14.00	9.00	14.00	8.00	13.00	9.00	14.00
Näytteen n:o	13	14	15	16	17	18	19	20
Paperilaji	5495	5495	6090	6090	6090	6090	6090	6090
-koodi	2267	2272	2298	2304	2326	2331	2362	2211
-konerullan n:o	41	42	36	38	39	40	40	37
Massat	52	51	55	53	56	54	56	58
-sellun osuus, % (tm)	28	33	38	38	28	27	21	20
-hiokkeen osuus, % (tm)	3100	2500	2300	2500	4092	3095	3014	3330
-hylvyn osuus, % (kokon)	3600	3200	2960	3200	4079	3998	4537	5068
-sellun virtaama, l/min.	3900	5300	5300	5300	3872	3864	2860	1937
-hiokkeen virtaama, l/min.	580	555	565	570	550	555	570	565
-sellun CsF, ml	50	52	58	56	50	44	55	52
-hiokkeen CsF, ml	118	121	129	116	128	118	113	123
-hylvyn CsF, ml	968	968	968	1000	1024	1024	1024	1024
Paperikonetiedot	1,26	1,26	1,26	1,35	1,41	1,41	1,41	1,41
-viiran nopeus, m/min.	49	49	50	50	50	50	50	50
-peräl. paine, bar	13,3	13,3	13,4	13,4	13,40	13,47	13,47	13,47
-peräl. lpt, °C	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
-huulaukko, mm	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978	0,978
-etuseinän asento, mm	0,26	0,26	0,26	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24
-suihkusuhde	80	80	80	80	80	80	80	80
-tasomulaatik. tyhjöt, bar	88	88	88	88	88	88	88	88
-1.pr linjapaine, kN/m	110	110	110	110	110	110	110	110
-2.pr linjapaine, kN/m	100	100	70	70	70	70	70	70
-3.pr linjapaine, kN/m	30	30	30	30	30	30	30	30
-4.pr linjapaine, kN/m	0	0	0	0	0	0	0	0
-välikalenteri linjap., kN/m	69	69	69	69	69	69	69	69
Peroksidivalkeistun	5649	38,73	39,19	39,05	39,34	39,28	39,22	38,91
massan annostus, m ³ /min.	0	0	0	0	0	0	0	0
Pastaresepti, n:o	69	69	69	69	69	69	69	69
Paperikoneelle tullut kemiallisesti puhdistettu vesimäärä, m ³ /vrk	5649	38,73	39,19	39,05	39,34	39,28	39,22	38,91
Measurax-tiedot (pohjapaperi)	2,71	2,53	2,58	2,66	2,35	2,27	2,26	2,28
-nielömassa, g/m ²	6,38	7,97	9,52	9,30	5,14	5,52	5,88	4,77
-kosteus, %	11	11	11	11	11	11	11	11
-tuhkapitoisuus, %	11	11	11	11	11	11	11	11
Retentioaineannostus, l/min.	11	11	11	11	11	11	11	11

PEROKSIDIVALKAISTUN AJON MITTAUSTULOKSET

NÄYTE 1

NÄYTE 2

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,7	4,4	4,4	4,6	4,3	4,3
Sakeus, g/l	25,045	7,673	3,112	24,237	8,076	3,424
Hienoaines-%	41,87	--	88,87	42,13	54,87	92,10
Tuhka, %	19,89	19,09	37,46	20,00	21,81	42,11
Kokonaisretentio, %		63,5			61,8	
Tuhkaretentio, %		28,4			26,3	
Hienoainesretentio, %		--			35,9	
Anionisuus, mekv/l	0,526	0,857	1,319	0,493	0,842	1,216
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	501	481	502	452	485	493
Johtokyky, µS/cm	1770	1698	1618	1697	1599	1530

NÄYTE 3

NÄYTE 4

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,6	4,4	4,4	4,6	4,4	4,4
Sakeus, g/l	25,140	8,244	3,706	25,597	8,385	4,365
Hienoaines-%	39,83	54,10	92,67	42,90	58,20	93,27
Tuhka, %	23,23	24,30	44,59	21,47	27,41	46,92
Kokonaisretentio, %		59,6			53,1	
Tuhkaretentio, %		25,8			19,8	
Hienoainesretentio, %		30,7			24,9	
Anionisuus, mekv/l	0,548	0,825	1,205	0,501	0,778	1,081
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	570	495	484	563	481	437
Johtokyky, µS/cm	1751	1553	1408	1621	1428	1363

NÄYTE 5

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,7	4,4	4,5	4,5	4,3	4,3
Sakeus, g/l	25,032	8,715	4,574	24,201	8,403	4,457
Hienoaines-%	40,60	59,37	93,90	38,70	59,92	94,51
Tuhka, %	22,05	29,40	49,84	20,36	28,89	49,23
Kokonaisretentio, %		52,8			52,3	
Tuhkaretentio, %		19,9			18,7	
Hienoainesretentio, %		25,3			24,7	
Anionisuus,						
mekv/l	0,528	0,780	1,057	0,533	0,756	1,098
COD _{Mn} ,						
mg O ₂ /l	551	383	424	540	482	425
Johtokyky,						
µS/cm	1635	1458	1381	1517	1434	1355

NÄYTE 6

NÄYTE 7

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,8	4,5	4,4	4,8	4,5	4,5
Sakeus, g/l	26,288	9,557	5,686	24,403	8,839	5,004
Hienoaines-%	38,70	65,93	94,03	43,23	66,10	93,43
Tuhka, %	22,32	35,60	54,98	20,73	32,31	51,46
Kokonaisretentio, %		53,6			49,1	
Tuhkaretentio, %		17,3			18,9	
Hienoainesretentio, %		23,6			28,0	
Anionisuus,						
mekv/l	0,569	0,735	0,986	0,586	0,834	1,020
COD _{Mn} ,						
mg O ₂ /l	526	542	512	618	513	480
Johtokyky,						
µS/cm	1577	1424	1357	1440	1338	1186

NÄYTE 8

NÄYTE 9

NÄYTE 10

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,7	4,4	4,5	4,7	4,5	4,6
Sakeus, g/l	21,826	7,740	4,108	26,270	8,712	4,825
Hienoaines-%	42,47	62,47	94,90	48,57	66,70	95,00
Tuhka, %	20,05	29,45	49,36	24,72	31,39	50,25
Kokonaisretentio, %		52,2			50,15	
Tuhkaretentio, %		19,9			29,22	
Hienoainesretentio, %		27,4			29,01	
Anionisuus, mekv/l	0,544	0,864	0,928	0,451	0,612	0,778
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	680	531	498	438	343	415
Johtokyky, µS/cm	1448	1210	1134	1226	1025	1007

NÄYTE 11

NÄYTE 12

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,8	4,7	4,7	4,9	4,5	4,5
Sakeus, g/l	24,515	7,828	4,006	23,206	6,408	2,796
Hienoaines-%	39,23	62,93	93,70	43,73	55,63	93,06
Tuhka, %	21,64	26,28	44,00	21,89	16,94	32,11
Kokonaisretentio, %		53,9			60,7	
Tuhkaretentio, %		22,9			25,6	
Hienoainesretentio, %		31,4			34,3	
Anionisuus, mekv/l	0,503	0,763	0,900	0,307	0,509	0,690
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	409	386	339	371	346	344
Johtokyky, µS/cm	1144	965	915	959	865	754

NÄYTE 13

NÄYTE 14

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	4,8	4,6	4,6	4,8	4,6	4,6
Sakeus, g/l	26,040	6,577	2,892	26,394	6,870	3,269
Hienoaines-%	43,67	56,67	93,95	49,33	59,77	92,87
Tuhka, %	21,82	18,13	34,37	22,87	22,90	39,49
Kokonaisretentio, %		60,4			57,2	
Tuhkaretentio, %		24,9			26,2	
Hienoainesretentio, %		34,4			33,5	
Anionisuus, mekv/l	0,301	0,488	0,621	0,307	0,501	0,638
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	399	386	292	431	357	316
Johtokyky, µS/cm	885	789	685	897	758	730

NÄYTE 15

NÄYTE 16

OMINAISUUS	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO	HYLKY	PERÄLAA- TIKKO	VIIRA- KAIVO
pH	5,3	4,6	4,6	5,4	4,6	4,6
Sakeus, g/l	30,412	7,589	3,929	28,068	7,197	3,516
Hienoaines-%	50,63	63,77	93,53	47,63	62,97	94,53
Tuhka, %	27,02	27,27	43,57	24,87	24,27	41,23
Kokonaisretentio, %		53,4			56,0	
Tuhkaretentio, %		25,5			25,3	
Hienoainesretentio, %		31,7			34,0	
Anionisuus, mekv/l	0,350	0,479	0,694	0,312	0,513	0,582
COD _{Mn} , mg O ₂ /l	466	400	364	440	348	322
Johtokyky, µS/cm	896	845	749	915	765	710

lainatepl

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Puunjalostustekniikan laitos
Vuorimiehentie 1-02150 Espoo

(pap. tekn.)

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Puunjalostustekniikan laitos
Vuorimiehentie 1-02150 Espoo